Ein Beitrag zur Physiologie
des
Rübennematoden Heterodera Schachti
vom Standpunkt der Bekämpfung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

Der Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät der Vereinigten
Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Bernhard Nebel
Diplom-Landwirt und Saatzuchtleiter
aus Freiburg im Breisgau

Halle a. d. S. 1926.
Paul Parey, Berlin. Gleichzeitig erschienen im Kühn-Archiv, Bd. XII. 1926.

Referent: Prof. Dr. phil. Th. Roemer

Korreferent: Prof. Dr. phil. V. Haecker

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinem Schwager

Maler Kay. H. Nebel

gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Die Entstehung der Arbeit 38
Zur Physiologie des Schädlings 39
Eigene Versuche über die Lebensdauer der freien hungernden Larve 42
Zur Reizphysiologie des Schädlings 47
Die Technik der Reizversuche 50
Temperaturversuche 51
Methodische Bemerkungen zur Anstellung der Schlüpfversuche 58
Schlüpfversuche mit Pflanzen und Pflanzensäften als Reizstoffen 61
Topfversuche mit verschiedenem Pflanzenmaterial 67
Reizversuche mit technischen Produkten 71
Liste der erprobten chemischen Körper und deren Wirkung auf das Ausschlüpfen von Larven 87
Anhang: Zusammenstellung I. Schlüpfversuche 96
„ Zusammenstellung II. Topfversuche 100
Literaturverzeichnis 101

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546022_0075

Ein Beitrag zur Physiologie des Rübennematoden Heterodera Schachti vom Standpunkt der Bekämpfung.

Von **Bernhard Nebel.**

Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1923/25 im Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Halle angefertigt. Sie entstand an der Nematodenbekämpfungsstelle des Instituts, die im Frühjahr 1923 durch Herrn Professor Dr. Roemer unter Beihilfe der Vereinigung mitteldeutscher Rohzuckerfabriken ins Leben gerufen wurde. Bis zum Dezember 1924 leitete Herr Dr. B. Rensch diese Stelle.

Der Rübennematode Heterodera Schachti, ein 0,3 mm langer, pflanzenparasitärer Wurm aus der Unterfamilie der Tylenchiden (Wülker 1924)[1]) wandert als Larve in die Wurzeln der Zuckerrübe und anderer Kulturgewächse ein. Er nährt sich von den Säften der Wurzelleitbahnen und verwandelt sich nach ca. 14 Tagen zum Geschlechtstier. Der männliche Wurm verläßt das Wurzelinnere, um das sessile Weibchen, dessen terminale Vulva die Wurzelrinde meist durchbricht, aufzusuchen. Nach der Begattung stirbt das Männchen, während das Weibchen sich an Ort und Stelle weiter ernährt, um zu der bekannten milchweißen, stecknadelknopfgroßen Zitronenform heranzuwachsen. In diesem Zustand ist das Innere des Weibchens völlig von Reservestoffen angefüllt, die allmählich zu Eimaterial verarbeitet werden. Fällt das ausgewachsene Weibchen von der Wurzel ab, so bräunt es sich bald durch die Einflüsse des Erdreiches; damit haben wir eine sogenannte Cyste vor uns, die, je nach ihrer Größe und den Verhältnissen der Umgebung in 1—8 Jahren 50—600 Larven entlassen kann. Unter günstigen Bedingungen können 5—6 Generationen des Schädlings in einem Jahre zur Ausbildung kommen. (Strubell 1888.)[2]).

Während die Biologie des Schädlings schon um 1875 einigermaßen bekannt war (Kühn)[3]), hat die Physiologie des Tieres erst 40 Jahre später Bearbeitung gefunden.

---

[1]) Wülker l. c. p. 82 1924.

[2]) Strubell l. c. p. 1 ff. 1888.

[3]) Kühn l. c. 1870 u. 1874.

Die umfassendsten reizphysiologischen Forschungen über Heterodera Schachti sind die Untersuchungen Baunacke's[4]), die in seiner Arbeit über die Biologie und Bekämpfung des Rübennematoden niedergelegt wurden. (1922.)

Baunacke stellte fest, daß die Wurzeln wachsender Wirtspflanzen auf die Larven des Schädlings richtende Reize ausüben, (p. 222) und daß das Ausschlüpfen der Larve aus der mütterlichen Cyste durch den gleichen Reiz beschleunigt wird (p. 241). Baunacke sah das Ziel weiterer, im Dienste der Bekämpfung stehender Forschung darin, einen Körper zu finden, der wie diese „Wurzelsekrete" entleerend auf die Dauerkapsel des Tieres wirken sollte (p. 280). Damit wäre s. E. der Schädling daran gehindert, längere Zeiträume ohne Wirtspflanze im Acker zu überdauern. Es wird stillschweigend vorausgesetzt, daß, wenn der Wurm aus der Cyste herausgelockt sei, er ohne Wirtspflanze bald zugrunde gehen werde (p. 285). Baunacke empfahl vorläufig die Aussaat von Reizpflanzen während der Sommermonate sowie eine Vernichtung der Larven und Cysten mittels Ammoniakwassers, das in die Herbstfurche auszugießen sei.

In Anlehnung an Baunacke's Experimente arbeitete Rensch 1923 (l. c. 1924)[5]) im Hallischen Institut ein Verfahren aus, mit Hilfe dessen die physiologischen Reaktionen des Schädlings geprüft werden konnten. 1924 gelang es Rensch einen Körper zu finden, der im Experiment die von Baunacke geforderten, „aktivierenden" Eigenschaften besaß.

In der vorliegenden Arbeit, die eine unmittelbare Fortsetzung der Untersuchungen von Rensch bildet, wurde die Kenntnis der Reizphysiologie des Wurmes erweitert; die Lebensdauer der freien Larve wurde geprüft und einige ergänzende Bekämpfungsversuche kamen zur Durchführung.

Sämtliche Experimente wurden mit Rücksicht auf die Bekämpfung des Schädlings ausgeführt. Dennoch sollte für die physiologische Vernichtung des Schädlings zunächst eine theoretische Arbeitsbasis geschaffen werden, d. h. es sollten die engeren oder weiteren Affinitäten zwischen Tier und Außenwelt, speziell zwischen Tier und Gift, erforscht werden.

Alle bislang im Kampf gegen den Schädling angewendeten chemischen Bekämpfungsmaßnahmen sind mit Rücksicht auf die allgemein pharmakologisch bekannte Giftigkeit der fraglichen Bekämpfungsmittel ausgeführt worden. Man brachte ein Gift in den Boden und hoffte, daß der Schädling darauf reagieren würde. Es sind zwar hier-

---

[4]) Baunacke l. c. p. 185—288 1922.

[5]) Rensch p. 412 1924.

bei die wirksamen Konzentrationen einiger Agenzien festgestellt worden, Kühn 1877[6]), Strubell 1888[7]), Hollrung 1903[8]), Fuchs 1911[9]), Schwartz 1911[10]), Müller und Molz 1914[11]), Baunacke 1922[12]) u. a., man hat aber niemals eine weitergehende Vergleichung verschiedener Reaktionen vorgenommen.

Die reizphysiologischen Untersuchungen Rensch's waren in erster Linie auf die Entdeckung von Körpern gerichtet, die anlockend oder „aktivierend" auf den Wurm wirken sollten, während in vorliegender Arbeit der Versuch gemacht wurde, auch jede andere Reizbeantwortung zu erfassen, soweit sie für die Vernichtung des Objekts in Frage kommen konnte.

Von rein zoologischer Seite liegen reizphysiologische Untersuchungen von Alsterberg an Tubifex[13]) für den Witterungssinn der Planarien[14]), von Pearl, Voigt und Doflein und des Regenwurms[15]) von Loeb, Biederman und Friedländer vor. Auch die Geschmacksversuche von Löhner und Nagel an Hirudo[16]) sind hier zu nennen. Diese Arbeiten weisen einige Beziehungen zu den Untersuchungen an Heterodera auf.

Von amerikanischer Seite liegen über die Reizphysiologie von Heterodera Schachti Arbeiten von Steiner[16a]) vor; außerdem möge es gestattet sein, in Kürze einige allgemein wichtige Veröffentlichungen über Nematoden zu referieren, die mir durch Herrn Professor Roemer anläßlich seiner Studienfahrt durch die Vereinigten Staaten im Jahre 1925 zugänglich gemacht worden sind. Diese Arbeiten sind z. Z. in Deutschland nur teilweise zugänglich.

Amerikas ärgster Nematodenschädling ist Heterodera radicicola, der vor allem die hochwertigen langjährigen Kulturen der Obstgegenden befällt, aber an den meisten existierenden Kulturgewächsen aller Breitengrade Nahrung findet. Gegen ihn richten sich, wie gegen Heterodera Schachti, eine Reihe kultureller, biologischer und chemischer Bekämpfungsversuche. Eine dieser Arbeiten über chemische Bekämpfungsversuche gegen Heterodera radicicola sei kurz erwähnt. Durch die nahe Verwandschaft von Heterodera Schachti und Heterodera radicicola ergeben sich zu der vorliegenden Arbeit gewisse Beziehungen.

---

[6]) Kühn p. 452, 1877.
[7]) Strubell p. 42, 1888.
[8]) Hollrung p. 1978, 1903.
[9]) Fuchs p. 927, 1911.
[10]) Schwartz p. 35, 1911.
[11]) Müller u. Molz p. 959, 1914.
[12]) Baunacke p. 204, 1922.
[13]) Alsterberg, G. p. 3, 1924.
[14]) Doflein, Ingeborg p. 62, 1925.
[15]) Winterstein Handb. 1913, B. 4, p. 109 u. 506.
[16]) Buddenbrock p. 141.
[16a]) Steiner p. 499, 1925.

Duruz (1917)[17]) stellte über das Feuchtigkeits- und Temperaturbedürfnis des Schädlings einige Versuche an. Bei mäßiger Feuchtigkeit liegt das Optimum der Temperatur in der Nähe von 26,6° C. Bei 36° C herrscht Inaktivität des Tieres, bei 8,8° C ist noch Beweglichkeit festzustellen. Duruz hält seine Tiere ohne Schädigung in destilliertem Wasser (s. u. vorl. Arbeit). Er stellt fest, daß in Moor und Lette der Schädling nicht gedeiht. Luftmangel wird als Ursache vermutet. Von chemischen Bekämpfungsmitteln werden als ergebnislos nach Clintock erwähnt: Schwefelkohlenstoff, Sublimat, Calcium-Carbid, Ammonsulfat, Formalin, Nikotin, Benzin und Benzol, nach Stone und Smith werden Mangansulfat, Kochsalz, Kaliumnitrat, Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, Kainit, Natriumnitrat und Kalk als erfolglos zitiert. Verfasser findet eine letale Wirkung von 0,7% bis 7% Cyannatrium (s. u. vorl. Arbeit). Auch 0,4% tötete die Tiere selbst in den Gallen noch ab. 40%iges Formaldehyd vernichtete die Tiere (!). Duruz empfiehlt den Acker mit Cyannatrium zu behandeln. Die Unkosten betragen ca. 280.— Mk. je Morgen. Auch Extrakt von Sphagnum tötet radicicola. Daß bei dem letzten Ergebnis Duruz einen temporären Starrezustand seiner Tiere mit dem tatsächlich eingetretenen Tod verwechselt hat, ist zu vermuten und ist experimentell von ihm keineswegs widerlegt. Die obige Arbeit enthält einige parallele Ergebnisse zu der vorliegenden.

Erwähnt seien sodann die umfassenden systematisch-anatomischen und biologischen Arbeiten von Cobb[18]), wohl dem besten Kenner der amerikanischen Nematodenfauna. Seine 1917 erschienene Beschreibung der Mononchen, einer Gattung räuberischer Nematoden, von denen einzelne Arten pflanzenparasitäre Nematoden anfallen und fressen, mit 57 Arten, wovon 38 n. sp. sind, oder schon seinen Namen tragen, bildet die Grundlage der Forschungen, die sich mit der Dienstbarmachung dieser Hyperparasitengattung zur Bekämpfung der schädlichen Nematoden beschäftigt (s. auch Wülker[19]).

Steiner[20]) gibt der festen Überzeugung Ausdruck, daß es gelingen wird, alle parasitischen Nematoden durch Unterstützung der Hyperparasiten, speziell der Mononchen, in Schach zu halten (1922). An der experimentellen Erforschung dieser biologischen Bekämpfungsmethode wird in Amerika intensiv gearbeitet.

Es liegen mir außerdem über Heterodera Schachti zwei Arbeiten von Thorne[21 u. 22]) vor, deren erste (1922) eine Beschreibung der

---

[17]) Duruz p. 481, 1917.
[18]) Cobb p. 431, 1917.
[19]) Wülker p. 817, 1924.
[20]) Steiner p. 1, 1917.
[21]) Thorne p. 1, 1922.
[22]) Thorne p. 1, 1923.

Biologie des Schädlings zum Gebrauch der Landwirte darstellt; eine ähnliche Arbeit ist von Shaw[23]) zu nennen. Die zweite Arbeit Thorne's (1923) handelt von der Entwicklungsdauer der Cyste des Rübennematoden. Verfasser untersucht 21 Felder des Staates Utah, die ein bis zwölf Jahre vor der Untersuchung zum letztenmal Rüben getragen hatten. Er schließt aus seinen Befunden, daß die Entleerung der Cyste sechs Jahre in Anspruch nähme, dann aber vollendet sei. Die Cystenentleerung sei unabhängig von der Fruchtfolge, solange sie nicht Rüben enthalte. Es zeigt sich, daß die Cysten jährlich an prozentualem Brutinhalt verlieren; nach dem sechsten Jahr findet kein weiterer Inhaltsverlust statt. Thorne betont, daß die untersuchten Nematoden keine andere Wirtspflanze frequentierten. Aus den Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen in Halle geht hervor, daß die Thornesche Regel der Cystenentleerung für uns keine Geltung findet. Die bei uns weitergehende Anpassung des Schädlings an die Fruchtfolge bewirkt, daß man auch mehrere Jahre nach dem Rübenanbau noch 100%ig gefüllte Cysten im Acker finden kann. Über die Herkunft dieser Cysten sind Untersuchungen im Gange.

Über die Geschmacksphysiologie der Nematoden scheint wenig Material vorzuliegen. Cobb (1917)[24]) fordert für die räuberischen Mononchen einen-Witterungssinn: „As mononchs do not hunt by sight, it is exceedingly likely that the nerve endings on the head, terminating in the labial papillae of the inner row serve as organs of taste and smell and that it is by the aid of these senses that they trail their quarry." Aber Steiner, der 1922 die Beutewitterung auf Agar nicht feststellen kann, kommt nach langen Untersuchungen zu dem Schluß, daß Mononchus papillatus nicht imstande sei, seine Beute auf große Entfernung zu wittern: „Die Tastorgane scheinen das Hauptwerkzeug bei der Lokalisation der Nahrung zu bilden." 1925 weist Steiner[24a]) dagegen mit Nachdruck auf das feine chemische Unterscheidungsvermögen von Heterodera Schachti hin und lokalisiert den chemischen Sinn in den, von ihm zum erstenmal an Heterodera Schachti gezeigten Amphidialorganen.

Die in der Biologie des Rübennematoden noch unerforschte Frage nach der Lebensdauer der isolierten hungernden Larve von Heterodera Schachti ist von keinem Amerikaner berührt. Soweit die Literatur.

Versuche über die Lebensdauer der freien hungernden Larve.

Die eigenen Versuche, die sich mit diesem Problem beschäftigen, seien zunächst kurz geschildert.

---

[23]) Shaw p. 1, 1916.

[24]) Cobb p. 431, 1917.

[24a]) Steiner p. 512, 1925.

Die Frage nach der Lebensdauer der freien Larve bildet das Schlußglied in der Gedankenkette der Aktivierungsbekämpfungsmethode; denn es stand zu hoffen, daß die Larven, wenn sie aus der Cyste herausgelockt wären, Hungers sterben würden, bevor die nächste Wirtspflanze auf dem Acker erwüchse.

Die Versuche wurden folgendermaßen durchgeführt:

Kleine Blumentöpfe wurden mit 100 g, bei 3 Atmosphären Druck, 2 Stunden lang, sterilisierter Erde gefüllt. Larven wurden aus den Reizversuchen, die in zweitägigen Abständen aus isoliertem Cystenmaterial bei 25° in Wasser geschlüpfte Tiere lieferten, gesammelt und in ein Reagenzglas mit Wasser gebracht. Nachdem die Gesamtzahl der vorhandenen Larven durch mehrmalige Probenahme und Auszählung einer bestimmten Menge des gut aufgeschüttelten Larvenwassers festgestellt war, wurden die Larven nunmehr mit der Pipette so verteilt, daß die einzelnen Blumentöpfe gleiche Mengen von Tieren erhielten. So entstand allmählich eine Reihe von Infektionsserien. Ohne eine Einsaat vorzunehmen, wurden die Gefäße in einem ungeheizten Raum gehalten. Die Anwesenheit lebendiger Tiere wurde durch Rübseneinsaat und Untersuchung der Wurzeln auf eingewanderte Larven festgestellt. Das Auszählen von Larven in den Wurzeln geschah in diesen und allen folgenden Versuchen — nach Färbung mit Jodkali und Alkoholdifferenzierung — zwischen zwei Objektträgern unter dem Mikroskop bei 100facher Vergrößerung. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt eine Übersicht der, nach verschiedenen Zeiträumen festgestellten, noch lebensfähigen Larven der verschiedenen Versuchsgefäße.

Tabelle 1.

Ermittlung der Lebensdauer der freien hungernden Larve in 100 g steriler Erde in Blumentöpfen

Larven ausgesetzt		Larven wiedergefunden in 10 zur Kontrolle eingesäten Rübsenpflanzen*)			
am	Stück	am	nach Tagen	Stück	%
2. 7. 24	400	11. 7. 24	7	38	9,5 %
7. 7. 24	400	20. 7. 24	11	42	10,5 %
2. 7. 24	400	16. 7. 24	12	45	11,3 %
2. 7. 24	400	22. 7. 24	18	47	11,8 %
2. 7. 24	400	26. 7. 24	22	31	7,8 %
2. 7. 24	400	30. 7. 24	26	28	7 %
17. 7. 24	600	18. 8. 24	30	49	8,2 %
23. 7. 24	1200	1. 9. 24	38	82	6,8 %
23. 7. 24	1200	8. 9. 24	45	51	4,3 %

*) Die Einsaat der Kontrollpflanzen erfolgte stets 7 Tage vor der Auszählung. Der 5. Tag nach der Einsaat wurde als Stichtag der vollzogenen Einwanderung und damit der Beendigung des Versuches betrachtet.

(Fortsetzung von Tabelle 1)

Larven ausgesetzt		Larven wieder gefunden in 10 zur Kontrolle eingesäten Rübsenpflanzen			
am	Stück	am	nach Tagen	Stück	%
23. 7. 24	1200	13. 9. 24	50	62	5,2 %
8. 9. 24	400	22. 11. 24	73	14	3,5 %
23. 7. 24	1200	20. 10. 24	87	15	1,3 %
27. 8. 24	500	14. 1. 25	138	28	5,6 %
30. 7. 24	400	12. 1. 25	160	17	4,3 %
23. 7. 24	Kontrolle	12. 1. 25	167	0	0
30. 8. 24	600	19. 3. 25	199	45	7,5 %
30. 8. 24	600	12. 5. 25	253	49	8,2 %
30. 8. 24	Kontrolle	12. 5. 25	253	0	0
15. 1. 25	400	12. 10. 25	268	46	11,5 %
30. 8. 24	600	15. 6. 25	287	29	4,8 %
30. 8. 24	600	8. 7. 25	300	23	3,8 %
11. 11. 24	600	12. 10. 25	333	24	4 %
27. 9. 24	360	18. 9. 25	354	2	0,6 %
17. 10. 24	500	12. 10. 25	358	0	0
7. 10. 24	250	3. 10. 25	360	0	0
7. 10. 24	250	12. 10. 25	368	4	1,8 %
27. 9. 24	360	8. 10. 25	374	5	1,4 %
27. 9. 24	360	8. 10. 25	374	5	1,4 %
27. 9. 24	360	13. 10. 25	379	13	3,8 %
27. 9. 24	Kontrolle	13. 10. 25	379	0	0

Die obigen Zahlen zeigen, daß die freie Larve von Heterodera Schachtii im Hungerzustand weit länger als 1 Jahr leben kann. Trägt man die Zeitabschnitte der obigen Tabelle als Abscissenwerte, die Prozentzahlen der überlebenden Tiere als Ordinaten eines Koordinatensystems auf, und verbindet die Endpunkte der Ordinaten, so erhält man eine mit einigen Unregelmäßigkeiten abfallende Kurve. Verlängert man diese im Sinne der vorgezeichneten Entwicklung, so fällt der Schnittpunkt dieser Lebensdauerkurve mit der Abscissenachse ungefähr an das Ende des 2. Jahres. D. h., es ist im vorliegenden Experiment mit einer zweijährigen Lebensdauer der freien Larve zu rechnen.

Im ersten Viertel des Versuches zeigen die Prozentzahlen einen merklichen Abfall. Dieser erklärt sich damit, daß den Tieren im Herbst des Jahres 1924 zur Einwanderung in die Kontrollpflanzen eine nur ebenso lange Zeitspanne zur Verfügung gestellt wurde wie im Sommer. Die Temperaturen, bei denen die Kontrollpflanzen erwuchsen, lagen aber etwa 4° unter denen des Sommers. Dadurch wurden kürzere Pflanzen als im Sommer erzielt. Außerdem ist anzunehmen, daß die abfallenden Temperaturen des Herbstes die Larven träge gemacht und z. T. zur Starre gebracht hatten. Die Larven erwachen aus solch einer Unbeweg-

lichkeit um so schwerer, je intensiver und je dauerhafter der Temperaturabfall war, der sie verursachte. So kamen im Herbst 1924 wegen der ungünstigen Versuchsbedingungen weniger Tiere zum Befall und damit zur Feststellung als im Sommer des gleichen und im Frühjahr des folgenden Jahres.

Die Larven verschiedener Infektionsreihen zeigen leider keineswegs die gleiche Lebensfähigkeit. Dies kommt daher, daß die Tiere aus den Reizschlüpfversuchen gewonnen werden mußten, in denen sie sehr verschiedenen Bedingungen unterlagen.

Auch die auffallende Tatsache, daß niemals mehr als 12% der zur Infektion verwendeten Tiere in den Kontrollpflanzen wiedergefunden wurden, spricht dafür, daß nur ein Teil der zur Infektion verwendeten Larven vollwertig lebensfähig waren. Die optimalen Schlüpfbedingungen, unter denen die Tiere gewonnen wurden, haben wahrscheinlich manche Tiere „unreif" zur Welt kommen lassen. Solchen „Frühgeburten" mangelt die Kraft, um bei niedrigeren Temperaturen in die Wurzeln einzudringen.

Im Freiland schlüpfen tatsächlich bei den im Boden während des Sommers häufigsten Temperaturen von ca. 15° bei unteroptimaler Wasserversorgung nur ungefähr 10% der Tiere, die bei 25° und voller Wasserversorgung zum Auskriechen kommen, aus (s. p. 52). Es kommt daher den Infektionsreihen, die eine hohe Lebensfähigkeit aufweisen (die Reihe vom 15. 1. 25), eine größere Bedeutung zu als den Reihen mit gedrückter Lebensenergie (die Reihen vom 7. 10. 24 und 17. 10. 24).

Die nachstehende Tabelle 2 zeigt die Temperaturen, denen die Versuchsgefäße unterworfen waren. Erdtemperaturen aus der Wohnsphäre des Tieres, die in milden Böden vornehmlich zwischen 15 und 60 cm Bodentiefe liegt, aus dem Durchschnitt dreier Jahre berechnet, sind den Temperaturen des Versuches zum Vergleich gegenübergestellt. Es liegt eine täglich um 8 Uhr vormittags gemachte Ablesung den Temperaturzahlen zugrunde. Die durchschnittlichen Schwankungszahlen sind auf volle Grade abgerundet, da die Ablesungen nur mit ½° Genauigkeit gemacht wurden, und da in den, zur Verrechnung gelangten Ablesungen die vollen Tagesschwankungen nicht einbegriffen waren. Die Tagesschwankungen der Temperaturen der Versuchsgefäße lagen zwischen 0° im Winter und 4° im Sommer. Ähnliche Verhältnisse herrschen in der Wohnsphäre der Nematoden.

Die Tiere unterlagen demnach im Versuch bez. der Temperatur ungünstigeren Bedingungen als im Freiland. Wenn wir diesen Faktor zunächst isoliert betrachten, ist zu sagen:

Im Untergrund des Ackers herrschen zwar ungefähr dieselben täglichen und monatlichen Schwankungsverhältnisse wie im Versuch, doch liegen die Temperaturen des Freilandes im Sommer um 2°—5° und im

Winter um 5°—12° tiefer als die Temperaturen des Experimentes. Da nun höhere Temperaturen unbedingt zu einem regeren Stoffverbrauch führen als niedrige Temperaturen, waren die Tiere im Versuch bezüglich der Temperatur ungünstiger gestellt als im Freiland. Es ist daher nicht damit zu rechnen, daß das Leben hungernder Larven im Freiland zu einem schnelleren Ende kommt, soweit das Ableben der Tiere durch die Aufzehrung der Reservesubstanzen im oxidativen Stoffwechsel von der Temperatur in Abhängigkeit steht.

Tabelle 2.

Vergleich der Temperaturen, denen die Gefäße der Larven-Lebensdauerprüfung ausgesetzt waren, mit Erdtemperaturen aus dem Durchschnitt dreier Jahre

Monat	Jahr des Versuchs	Temperaturen und deren maximale Schwankung in C° gemessen		
		an den Versuchsgefäßen	im Freiland 15 cm tief	im Freiland 50 cm tief
Juli	1924	$19.2^0 \pm 4^0$	$18.5^0 \pm 5^0$	$19.3^0 \pm 3^0$
August	1924	$18.5^0 \pm 4^0$	$16.1^0 \pm 5^0$	$18.1^0 \pm 3^0$
September	1924	$17.1^0 \pm 4^0$	$12.4^0 \pm 5^0$	$14.9^0 \pm 3^0$
Oktober	1924	$13.7^0 \pm 4^0$	$7.9^0 \pm 5^0$	$9.6^0 \pm 3^0$
November	1924	$12.9^0 \pm 4^0$	$2.9^0 \pm 4^0$	$5.5^0 \pm 3.5^0$
Dezember	1924	$9.6^0 \pm 3^0$	$1.4^0 \pm 4^0$	$3.0^0 \pm 2^0$
Januar	1925	$9.8^0 \pm 2^0$	$0.7^0 \pm 2^0$	$2.5^0 \pm 2^0$
Februar	1925	$12.4^0 \pm 2^0$	$0.7^0 \pm 3^0$	$2.3^0 \pm 3^0$
März	1925	$14.1^0 \pm 3^0$	$2.3^0 \pm 3^0$	$3.3^0 \pm 3^0$
April	1925	$14.4^0 \pm 4^0$	$6.1^0 \pm 3^0$	$7.6^0 \pm 3^0$
Mai	1925	$16.7^0 \pm 4^0$	$12.8^0 \pm 4^0$	$13.6^0 \pm 4^0$
Juni	1925	$16.9^0 \pm 4^0$	$14.4^0 \pm 5^0$	$16.1^0 \pm 4^0$
Juli	1925	$22.7^0 \pm 6^0$	$18.5^0 \pm 5^0$	$19.3^0 \pm 3^0$
August	1925	$20.8^0 \pm 6^0$	$16.1^0 \pm 5^0$	$18.1^0 \pm 3^0$
September	1925	$15.8^0 \pm 4^0$	$12.4^0 \pm 5^0$	$14.9^0 \pm 3_0$
Oktober	1925	$13.6^0 \pm 4^0$	$7.9^0 \pm 5^0$	$9.6^0 \pm 3^0$

Tatsächlich dürften aber die freien Larven sich im Boden während der Sommermonate, wenn das Land eine Pflanzendecke trägt, im Zustand des „Reizstoffwechsels“ im Sinne Verworn's[25]), nicht aber in dem des experimentell zur Untersuchung gezogenen „Ruhestoffwechsels“ befinden. Diesem Umstand ist in weiteren Versuchen Rechnung getragen. In großen 2 kg Blumentöpfen, die wie die obigen Versuchsgefäße infiziert wurden, wachsen während der Lebensdauerprüfung solche Pflanzen, die zwar auf die Larven richtende und erregende Reize ausüben, ihnen aber keine Nahrung gewähren (s. u. p. 68, T. 88). Diese Versuche können nicht vor dem Herbst 1926 zu einem Resultat führen. Es ist aber mit Bestimmtheit anzunehmen, daß jegliches

[25]) Verworn p. 61 u. p. 27, 1914.

Pflanzenwachstum, sei es nur durch Bodenlockerung und Lüftung, abgesehen von dem Entstehen chemischer Reizgefälle, erregend und damit Leben verkürzend auf die freien Larven wirkt.

Zusammenfassend gilt: es ist unrichtig, daß die Larve ohne Nahrung nur wenige Wochen oder Monate leben kann (Baunacke 1922).[26]) In vegetationslosen Töpfen überdauerten freie Larven 1 Jahr. In dieser Zeit verringerte sich die Anzahl der kontrollierbaren Tiere um ca. 50 %. Es ist darum damit zu rechnen, daß die letzten Larven erst nach zwei Jahren dem Hungertode verfallen.

Zur Reizphysiologie des Schädlings.

Bevor wir nunmehr in die Betrachtung der Reaktionen des Tieres auf verschiedene Reize eingehen, ist es nötig, in Kürze auf die theoretische Grundlage von Reiz und Reizbeantwortung einzugehen:

In der vorliegenden Arbeit ist das Wort „Reiz" im Sinne Verworn's verwendet. Danach ist „Reiz" jede Veränderung der Lebensbedingungen. Es ist in der Besprechung des Reizerfolges von positiven und negativen Wirkungen die Rede. Als positive Wirkung ist jede Reaktion bezeichnet, die zu einer Erhöhung der sichtbaren Lebensfunktionen führte, als negativ hingegen die, welche unmittelbar zu einer Herabsetzung der Lebensäußerungen Anlaß gab. Für den Reizeffekt diente in den meisten Fällen die Anzahl der in regelmäßigen Abständen aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser bei 25° C schlüpfenden Larven als Index. Es war das Ziel der Arbeit, Körper zu finden, die in möglichst geringen Mengen durch chemische oder physikochemische Wirkungen wesentliche Störungen oder den Tod des Versuchstieres herbeiführten. Dies entspricht der weitgreifenden Definition „Gift" nach Strohl (1925).[27]) In der obigen Definition sind die physiologischen Vorgänge von Erregung, Lähmung, Narkose und Tod einbegriffen.

Die moderne Theorie des Reizes geht von der kolloidchemischen Reaktion der Zelle aus. Reversible Permeabilitätserhöhung steht mit Erregung in Verbindung (Höber 1922),[28]) Herabsetzung der Permeabilität durch Adsorption oberflächenaktiver Stoffe an Zellkolloide charakterisiert Lähmung und Narkose (Oppenheimer 1922)[29]). Beide Prozesse, die entweder das Gleichgewicht der zellulären Potentialgefälle verändern oder durch jene Adsorption oberflächenaktiver Stoffe andere vorher adsorbierte Körper verdrängen und sogar die Fermente des Zellinnern angreifen, „bringen das Getriebe in Unordnung". Solange irgend-

[26]) Baunacke p. 209 u. p. 257, 1922.
[27]) Strohl l. c. p. 514, 1925.
[28]) Höber l. c. p. 538, 1922.
[29]) Oppenheimer l. c. p. 299, 1922.

einer der genannten Vorgänge reversibel ist, d. h. solange die Gleichung des Stoffaustausches auf beiden Seiten Reststoffe aufweist, die nicht völlig in der Reaktion aufgegangen sind, findet das Leben seine Fortsetzung. Erregung, Lähmung und Narkose gehen dann wieder in den normalen Lebensablauf über. Erregung kann oder muß von „Ermüdung" gefolgt sein, Lähmung weicht langsam dem normalen Stoffwechsel, wenn sie durch Permeabilitätserniedrigung verursacht war.

In unseren Versuchen scheint Lähmung mitunter auch von Erregung gefolgt zu sein. Dies geschieht, wenn eine plötzliche Milieuveränderung eine Hemmung unseres Indicatorvorganges, des Schlüpfens, verursacht hatte. Während diese Scheinlähmung währte, ist der Stoffwechsel weitergegangen und es kommt nach Fortfall der Hemmung zu einer Scheinerregung, indem die zurückgehaltenen Tiere verspätet in voller Anzahl zum Vorschein kommen. Auch kann in unserem Experiment Lähmung durch überoptimale Dosen erregender Reize, die für kurze Zeit zur Anwendung kamen, in Erregung umschlagen, wenn die Reizdosis herabgemindert wird und in ihrem optimalen Werte auf das noch nicht letal getroffene Tier zur Wirkung kommt. Häufig wirken minimale Dosen von starken Giften stimulativ.

Wir befinden uns hier auf pharmakologischem Gebiet. Der Wirkungssinn und die Wirkungsbreite verschiedener Pharmaka läßt sich nicht in ein Schema einzwängen. Häufig konnte im folgenden zwar das Obwalten der Arndt-Schulzschen[30]) Regel, „daß kleine (excitative) Reize bei Intensitätssteigerung zur Schädigung lebendiger Organismen führen", beobachtet werden. Aber wir müssen uns vor Verallgemeinerung auf diesem Gebiete strengstens hüten, und für jeden Körper seine eigentümliche Reizwirkung betrachten. Heubner sagt 1925 mit Rücksicht auf das Arndt-Schulzsche Gesetz der Änderungen des Reaktionssinnes bei Änderung der Reizintensität: „Über den, man kann wohl sagen banalen, Sinn der obigen Regel hinaus, ist es recht schwer, eine durchgehende Gesetzmäßigkeit im Gebiete der Giftwirkungen tatsächlich aufzufinden So ist z. B. folgende schwierige Frage noch keineswegs erledigt:

Man sieht nicht selten geringfügige Andeutungen einer Erregung im Anfang oder auch am Ende einer lähmenden Giftwirkung, ohne daß es gelingt, durch Verminderung der Dosen (Konzentration) einen Zustand zu erreichen, wo ohne folgende Lähmung nur Erregung besteht. Darf man nun eine solche Anfangserregung gleichsetzen der Wirkung eines Giftes, das in gewissen Konzentrationen nur erregt, und zwar so lange, als es gegenwärtig ist, wie z. B. gewisse Reizstoffe an sensiblen Nerven tun? Dies führt schon über zu den Bedenken, die die quantitativen Betrachtungen gegenüber der qualitativen Aussage der Arndt-Schulzschen Regel erwecken: Faßt man auch nur alle diejenigen,

[30]) Heubner p. 932, 1925.

zweifellos sehr zahlreichen Substanzen ins Auge, die man ohne Zwang der Reizregel unterordnen kann, so kann man sich dem gewaltigen Unterschied nicht verschließen, der zwischen den verschiedenen Substanzen besteht. Die Steigerung der Lebensfunktionen durch geringe Dosen kann recht deutlich, aber auch minimal, knapp an der Grenze der Nachweisbarkeit sein. Die Konzentrationsbreite dieser erregenden Dosen kann beträchtlich oder sehr schmal sein. Ihr Abstand von der lähmenden oder tötenden Dosis groß oder klein, usw. Kurz, die Kurve, welche für Erregung und Lähmung von der unwirksamen bis zu den tödlichen Dosen zu ziehen wäre, kann sehr verschiedenen Verlauf haben. Die erregende Phase, so gut wie die lähmende, kann so zurücktreten, daß sie praktisch nicht in Betracht kommt, wie viele Schlafmittel gegenüber Kampfer und Koffëin beweisen. All dies sind Gründe, die es schwer machen, die Arzneiwirkung über den Leisten eines Schemas zu schlagen." Dennoch können wir allgemein sagen:

Tod tritt im Experiment ein, wenn die durch irgendeinen der oben zitierten Vorgänge herbeigeführte Änderung des Stoffwechselgleichgewichtes irreversibel wird. Dies kann einmal durch lange wirkende, schwach dosierte oder stark dosierte schnellwirkende Narkotika geschehen. Ebensogut tritt der Tod aber durch permeabilitätssteigernde, erregende Reize ein, wenn diese so lange wirken, bis die Reserven zur Aufrechterhaltung des „Reizstoffwechsels" erschöpft sind. (Die Stoffwechselreaktion verläuft dann im Sinne einer irreversiblen chemischen Gleichung.) Dies geschieht schnell, wenn die angewendeten erregenden Mittel stark wirken. Der Vorgang ist von längerer Dauer, wenn der erregende Reiz schwach ist, sei es durch geringe Dosierung oder durch geringe physiologische Aktivität. Ebenso schiebt sinkende Temperatur den Eintritt des Reaktionserfolges hinaus, aber „es muß ausdrücklich betont werden, daß es sich bei der Reaktion der Zelle bei Temperaturerniedrigung nur um quantitative Unterschiede der Durchlässigkeit handelt, daß nicht von einer bestimmten Temperatur ab aufwärts die Zellen sich überhaupt erst öffnen" (Rysselberghe 1922)[31]). Es kann also von einer Unwirksamkeit der Reize bei niedrigen Temperaturen nicht die Rede sein.

Großes Gewicht ist im Hinblick auf die praktische Verwendbarkeit eines Reizkörpers auf die Wirkungsbreite des Mittels, bezogen auf die Konzentration, zu legen. Reaktionen, die an bestimmte Schwellenwerte der Konzentration gebunden sind, haben eine ungleich geringere Bedeutung als solche, die durch variable Konzentrationen gleichmäßig ausgelöst werden.

---

[31]) Rysselberghe nach Höber p. 542, 1922.

Bezüglich der Reizaufnahme scheint es mir auf Grund des vorliegenden Materials wahrscheinlich, daß biologische wie künstliche Reize für das vorliegende Objekt generell plasmatisch aufgenommen werden, solange die Embryonen unserer Heterodera innerhalb der Cyste in den Eihüllen eingeschlossen sind. In diesem Stadium kann von einer Reizwirkung, die primär durch Nervenendigungen vermittelt wird, keineswegs die Rede sein, vielmehr müssen wirksame Duftmoleküle der Pflanze (s. u. p. 61/62), ebenso wie die kleinsten Massenteilchen eines äquivalent wirksamen chemischen Reizkörpers (p. 81) zuerst die Eihüllen durchdringen oder in denselben eine, vielleicht weiterzuleitende Zustandsänderung hervorrufen. Dies kann nur geschehen, wenn der wirksame Stoff in irgendeiner Weise zu der Zelle der Eihüllen eine Reaktionsbeziehung aufweist. Ist dies der Fall, so ist es wahrscheinlich, daß derselbe Stoff auf die physiologisch ähnliche Zelle des embryonalen Wurmes ähnlichen Einfluß haben wird; d. h.: Die Reizwahrnehmung des in der Eihülle geborgenen Tieres spricht für eine zunächst allgemein plasmatische Resorption des Reizmittels. Sekundär mag eine nervöse Reizleitung stattfinden, die im Stadium der Volllarve die chemische Orientierung völlig übernehmen kann. Will man nicht daran glauben, daß während der Entwicklung des Eies eine weitgehende Änderung der Reaktionsmöglichkeiten des Plasmas stattfindet, so würde jene Tatsache der plasmatischen Reizaufnahme für die Möglichkeit sprechen, mit wirksamen Reizmitteln auch in den Stoffwechsel früher Embryonalstadien eingreifen zu können.

Die Technik der Reizversuche.

Die Reiz- oder Schlüpfversuche kamen mit Hilfe der von Baunacke[32]) prinzipiell aufgezeigten und von Rensch[33]) ausgebauten Methode zur Durchführung.

In unseren Versuchen werden 200 Cysten in Wägegläschen mit eingeschliffenem Deckel in 10 ccm Wasser, das in der Folge häufig als Wohnwasser bezeichnet wird, gehalten. Alle zwei Tage werden die freigewordenen Larven von den Cysten getrennt, indem die Cysten mit ihrem Wohnwasser in Porzellanschalen ausgegossen und mit Hilfe eines stumpfen Skalpells an den Rand der Schalen gebracht werden, worauf das Wasser mit den geschlüpften Larven durch vorsichtiges Neigen des Gefäßes von ihnen getrennt wird. Die Cysten kommen mit frischem Wohnwasser in das alte Wägeglas zurück, während das Larvenwasser in Reagenzgläsern Platz findet. Nachdem sich die Larven gesetzt haben, kann man einen Teil des Wassers abhebern und den Rest, der die Tiere enthält, tropfenweise in Feuchtkammerobjektträgern auf den Larven-

[32]) Baunacke p. 244, 1922.
[33]) Rensch l. c. p. 412, 1924.

gehalt auszählen. Diese Objektträger wurden am Grunde des Zählraumes mit Hilfe eines Diamanten mit Strichen versehen, um die Orientierung unter dem Mikroskop zu erleichtern. Die fortlaufend zur Feststellung gelangenden Larvenzahlen der „gereizten" Versuchsreihen geben in ihrem Aufsteigen und Abfallen, das jeweils mit den Werten der gleichzeitig gewonnenen Kontrollzahlen der „ungereizten" Reihen in Beziehung zu setzen ist, ein überaus genaues Bild der jeweiligen Reizbeantwortung.

Der Schlüpfversuch dient so zur Orientierung über die Reaktionen des Schädlings auf alle Reize; er gibt ein Mittel zur genauen Prüfung des voraussichtlichen Wirkungsbereiches bekannter und unbekannter Agenzien an die Hand und bildet damit die Vorstufe für den Erdversuch im Gefäß und Freiland.

Bevor wir in die Besprechung der Schlüpfversuche mit chemischen Reizen eintreten, seien einige Temperaturversuche angeführt:

Temperaturversuche.

Es wurde untersucht, bei welcher Temperatur die Energie des Tieres groß genug wird, um in Pflanzen einzudringen. Kleine Blumentöpfe mit sterilisierter Erde wurden mit angekeimten Rübsen belegt und bei verschiedener Temperatur mit Larven infiziert, die einen Tag vor der Infektion der Temperatur des jeweiligen Versuches unterworfen worden waren. Hierbei zeigte es sich, daß die Fähigkeit der Tiere in Wurzeln

Tabelle 3.

Ermittlung der Temperaturschwelle für Rübsenbefall durch Larven, die in freiem Zustand ausgesetzt wurden

Anzahl der ausgesetzten Larven	Versuchstemperatur in C°	Anzahl der nach 4 Tagen in 20 Pflanzen wiedergefundenen Larven	Anzahl der nach 4 Tagen in Kontrolltöpfen bei 20° wiedergefundenen Larven
200	6°	0	17
200	6.5°	0	10
200	7°	0	14
200	7.5°	0	6
200	8°	0	11
200	8.5°	0	19
200	9°	0	21
200	9.5°	0	17
200	10°	2	14
200	14°	6	19
200	18°	22	28

einzudringen, nicht mit dem Punkt der Beweglichkeitsgrenze von 6,5° zusammenfällt. Auch bedürfen die Larven bei niedrigen Temperaturen wesentlich längerer Zeit, um die Einwanderung zu vollziehen, als bei höheren Temperaturen. Tabelle 3 und 4.

Der Versuch zeigt, daß erst bei 10° die Energie der Tiere ausreicht, um in Wurzeln einzuwandern.

Bei niedrigen Temperaturen nimmt die Einwanderung längere Zeit in Anspruch als bei hohen Temperaturen. Mit Rübsen bepflanzte Blumentöpfe, die sterile Erde enthielten, wurden mit Larven, welche einen Tag vor der Infektion und während des Versuches jeweils gleichbleibenden Temperaturen unterworfen waren, infiziert. Tabelle 4.

Tabelle 4.

Die Einwanderung der in freiem Zustand infizierten Larve in Rübsenpflanzen in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit

Anzahl der ausgesetzten Larven	Temperatur des Versuches in C°	Dauer des Versuches	Anzahl der in 10 Pflanzen wiedergefundenen Larven
300	16°	24 Std.	0
300	16°	94 Std.	2
300	22°	24 Std.	0
300	22°	96 Std.	33

Der Versuch zeigt, daß bei 22° innerhalb 96 Std. wohl alle aktionsfähigen Tiere zur Einwanderung gelangt sind. Bei 16° dagegen erfolgte bei derselben Versuchsdauer nur eine geringe Einwanderung.

Weitere Temperaturversuche zeigten, daß das Schlüpfen der Larven nicht an eine feste Temperaturschwelle von 18° C gebunden zu sein scheint. Auch steigen die Schlüpfzahlen nicht proportional der Wärmesumme in der Zeiteinheit, sondern in der Nähe des Optimums von 25° (Baunacke 242)[34]) findet das Schlüpfen eine progressive Zunahme. Tabelle 5.

Tabelle 5.

Einfluß der Temperatur auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm Wasser in Wägegläschen gehalten.

Anzahl der Cysten	Temperatur des Versuches in C° der ± maxim. Schwankung	Dauer des Versuches	Anzahl der produzierten Larven	Wärmesumme der Versuchsdauer in C° und deren maximale Schwankung
200	6° ± 1°	30 Tg.	181	180° ± 16 %
200	9° ± 1°	30 Tg.	422	270° ± 10 %
200	15° ± 1°	30 Tg.	1 094	450° ± 6 %
200	21° ± 1°	30 Tg.	1 988	630° ± 5 %
200	25° ± 1°	30 Tg.	4 158	750° ± 4 %

[34]) Baunacke p. 242, 1922.

Die obigen Zahlen entsprechen der allgemeinen, durch Temperatursteigerung verursachten Geschwindigkeitszunahme biologischer Prozesse im Sinne der R. G. T. Regel van't Hoffs.

Die van't Hoffsche Regel lautet: „wenn man mit Kt u. Kt + 10 die, bei zwei voneinander um 10° entfernten Temperaturen ermittelten Reaktionsgeschwindigkeiten bezeichnet, ist der Quotient $\frac{Kt + 10}{Kt} = Q$, im allgemeinen gleich 2—3; in Worten: Durch eine Temperaturerhöhung von 10° wird die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt bis verdreifacht." (Kanitz 1907[35]) vergl. auch Titschak[36]) 1925.)

Für die meisten biologischen Prozesse gibt es ein Temperaturoptimum. „Dies ist aber eine Übereinanderlagerung der verschiedensten chemischen und physikochemischen Vorgänge. Eine Voneinandertrennung dieser Vorgänge ist z. Z. unmöglich". (In unserem Falle kann hier grob sinnlich an eine Erweichung der Eihäute und an die Öffnung der Vulva erinnert werden.) „Die Abweichung von der R. G. T. Regel werden wir darum als Regel erwarten, ihre Gültigkeit innerhalb eines erheblichen Temperaturgebietes bemerkenswert finden. Denn schon ein annäherndes Zutreffen der R. G. T. Regel besagt nicht nur, daß innerhalb ihres Gültigkeitsbereiches die Reaktionsgeschwindigkeit aller, mit dem betr. Vorgang zusammenhängend verlaufenden, ihren Ergebnissen nach entgegengesetzten chemischen Vorgängen sehr klein ist, sondern auch, daß die, diese heterogenen Reaktionssysteme wesentlich mitbestimmenden physikalisch-chemischen Bedingungen, wie Verteilung der reagierenden Stoffe, Durchlässigkeit der Zellwände — alles was Gefäß im Gegensatz zu Inhalt genannt wurde —" (in unserem Falle wie oben physikalische Beeinflussung der Cyste und ihres Inhaltes) „nur innerhalb solcher Grenzen geändert wurden, welche innerhalb des Beobachtungsfehlers lagen." Wenn wir in Tabelle 5 durch Temperaturerhöhung eine Reaktion erzielten, welche die Norm des R. G. T. Gesetzes überschritt, so besagt das nichts anderes, als daß wir in dem beobachteten Vorgang mit einer solchen Übereinanderlagerung chemischer und physikalischer Prozesse zu tun haben, die bei 25° ihren Höchstwert erreicht.

Von einer Wärmesummenregel, von der Blunk[37]) 1925 mit Bezug auf die Entwicklung der Blumenfliege spricht, kann in der tierischen Biologie wohl nur mit Einschränkung gesprochen werden. Haben wir doch in dem Vorgang des Lebens eine Summe von chemischen Umsetzungen vor uns, deren Ablauf keineswegs der Temperatur als Energie-

---

[35]) Kanitz p. 11, 1907.

[36]) Titschak H. 2, 1925.

[37]) Blunk p. 185, 1925.

quelle bedarf, sondern für welche die Temperatur eine rein auslösende, katalytische Rolle spielt. Der Stoffwechsel, in Abhängigkeit von der Temperatur folgt nicht dem Fröschelschen Hyperbelgesetz (Verworn[38]) 1914) für das x . y constant ist, — d. i. in unserm Fall das Produkt von Temperatur mal Zeit — denn der Stoffwechsel ist ein größtenteils exothermer Prozeß, für den die Wärme nicht wie bei den Pflanzen als Energieform im Sinne der Entropie in die Reaktion eingehen muß.

Es dürfte dagegen ohne weiteres möglich sein, die vorliegenden Zahlen nach dem Beispiel Janischs[39a]) in ihrer Gesetzmäßigkeit als Kettenreihe zu analysieren.

Wie Janisch selbst sagt, gelingt es in seinem System durch Addition verschiedener Exponentialfunktionen, die nicht nur durch grundverschienene Außenfaktoren bedingt sein können, praktisch jede Kurvenform rechnerisch zu erfassen. Sollte es tatsächlich möglich sein, auf diese Weise die komplexen inneren Ursachen zusammengesetzter Lebensvorgänge in bezug auf ihr zeitlich abgestuftes Wirksamwerden unter experimentellen Bedingungen aufzuteilen, wäre eine neue wichtige Handhabe für praktische und theoretische Biologie gegeben. Leider stehen abgesehen von der Fehlerschwankung jedes Versuches besonders die individuellen, erblich und modificativ bedingten Unterschiedlichkeiten der zum Experiment verwendeten Lebewesen einer derartig haarscharfen mathematischen Beurteilung im Wege. Dennoch dürfte die Vergleichung von Kettenlinien von verschiedenen Vertretern des Systems betreffs ihrer Beziehungen im Wechsel der Exponentialfunktionen von großer biologischer Wichtigkeit sein.

Da es sich bei den Zahlen in Tab. 5 um Summenwerte verschiedener Reihen, die zu verschiedener Zeit gewonnen wurden, handelt, haben die Summenzahlen keineswegs allgemeine Bedeutung. Sie sind vielmehr mit einem Versuchsfehler behaftet, dessen Größe erst aus der Streuung mehrerer Parallelbestimmungen zu ermitteln wäre. Dennoch sprechen die obigen Zahlen unbedingt für die Unrichtigkeit der Behauptung Baunackes, daß das Sprengen der Eihüllen durch die Larve erst bei Temperaturen von 18° geschehe.

Außer den obigen Versuchen kamen drei weitere Versuchsreihen mit einsömmerigen Cysten bei 22° und 14°—16½° zur Kontrolle. Diese gaben in der Zeit von neun Wochen folgende Larven ab. Tabelle 6.

---

[38]) Verworn p. 49, 1914.

[39]) Baunacke p. 243, 1922.

[39a]) Janisch, P. p. 414, 1925.

Tabelle 6.

Vergleich der bei 2—3tägigem Wasserwechsel bei verschiedenen Temperaturen in 9 Wochen aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser geschlüpften Larvensummen

Versuchstemperaturen in C°	Gefäß Nr.	Summe der ausgeschlüpften Larven
22° ± 1.5°	I	3 124
14° — 16°	II	1 061
	III	1 202

Vor dem Beginn des Versuches wurden die Cysten auf ihren Inhalt untersucht. Die Anzahl der bei Versuchsanfang in den Cysten frei vorhandenen Larven war verschwindend gering. Es lag sogar der Gedanke nahe, daß diese Tiere erst durch die Untersuchung, welche notwendigerweise mit einer Verletzung der Cyste verbunden ist, freigeworden seien. Liegt es doch vollkommen im Mechanismus des Schlüpfvorganges, daß das Sprengen der Eihüllen und das Freiwerden der Tiere aus der Cyste nur zwei Phasen einer ununterbrochenen Bewegung darstellen.

Wenn man beobachtet, wie in Abständen von 3 Sekunden ein Tier nach dem anderen der Vulva einer Cyste entgleitet, und wenn man nun dieselbe Cyste vorsichtig öffnet, kann man feststellen, daß durchaus keine freien Tiere in der Cyste sind, sondern daß erst in dem Augenblick der Verletzung eine Reihe von Tieren ihre Eihüllen sprengen und mit der ersten Streckbewegung ihres turgescenten Körpers infolge ihrer Lage in der Cyste, einer homogenen, unter Druck befindlichen Flüssigkeitsmenge ähnlich, dem Ausgang zustreben. Es ist ausgeschlossen, daß alle Tiere der letztgenannten Versuchsreihen schon vor Beginn des Versuches fertig ausgebildet gleichsam an der Tür gestanden haben sollten, vielmehr findet m. E. ein Sprengen der Eihüllen bei jeder Temperatur oberhalb 6° statt. Eine Erklärung für die Tatsache, daß die von Baunacke untersuchten Eipakete erst bei 18° zur Entwicklung kamen, kann darin gesucht werden, daß seine Versuche im Winter zur Durchführung gelangten. In dieser Jahreszeit bedurften die Tiere zur Aufweckung aus der Winterstarre in der gegebenen Zeitspanne einer höheren Temperatur als in den vorliegenden Versuchen, welche im Sommer ausgeführt wurden.

Es wurde sodann der Einfluß der Temperatur auf den Erfolg bestimmter chemischer Reize betrachtet. Ein sehr stark positiv wirksamer Reizkörper wurde z. B. bei verschiedenen Temperaturen gleichmäßig angewendet. Tabelle 7.

Tabelle 7.

Einwirkung desselben chemischen Reizes bei verschiedenen Temperaturen auf das Ausschlüpfen von Larven aus Cysten

	Anzahl der aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser im Wägegläschen ausgeschlüpften Larven		
	bei 25° C a	bei 17° C b	
2 Tg. n. Versuchsbeg.	275	119	Reihe a und b vom 4.—6. Tage mit dem gleichen Reiz versehen
4 „ „ „	126	59	
6 „ „ „	2 905	594	
8 „ „ „	922	71	

Die Tabelle 7 zeigt, daß die feststellbare positive Reaktion des Tieres bei 17° nur halb so groß ist als bei 25°.

Bei noch niedrigeren Temperaturen ist der sichtbare Reizerfolg desselben Reizmittels noch geringer. Tabelle 8.

Tabelle 8.

Reizerfolg bei verschiedenen Temperaturen des in Tabelle 7 verwendeten Reizes auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven	Temperatur des Versuchs	
2 Tage n. Versuchsbeg.	84	7° ± 1/2°	
4 „ „ „	50	7° ± 1/2°	vom 4.—6. Tage wurde die Versuchsreihe gereizt
6 „ „ „	77	7° ± 1/2°	
8 „ „ „	17	7° ± 1/2°	
10 „ „ „	19	6.5° ± 1/2°	
12 „ „ „	1	6,5° ± 1/2°	
14 „ „ „	7	6.5° ± 1/2°	
16 „ „ „	17	7° ± 1/2°	vom 16.—18. Tage wurde die Versuchsreihe gereizt
18 „ „ „	59	7° ± 1/2°	
20 „ „ „	17	7.5° ± 1/2°	
22 „ „ „	53	8.5° ± 1/2°	
24 „ „ „	35	7.5° ± 1/2°	
26 „ „ „	3 500	24° ± 1/2°	
28 „ „ „	359	10° ± 1/2°	
30 „ „ „	81	10° ± 1/2°	
32 „ „ „	28	10° ± 1/2°	

Der Versuch zeigt, daß ein bei 25° äußerst wirksamer Reizkörper bei niedrigen Temperaturen nur eine geringe Wirkung ausübte.

Spezifisch giftige Stoffe wurden durch mäßige Temperaturerniedrigung, d. h. durch Temperaturen von 17° im Vergleich zu Temperaturen von 25° (p. 78 u. 79) nicht beeinträchtigt. Tabelle 9 u. 10.

Tabelle 9.

Benzaldehyd 0.03 % bei 17° in seinem Einfluß auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser in Wägegläschen

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven			Temperatur des Versuchs	
	Reihe a	Reihe b	Kontrolle c		
2 Tage n. Versuchsbeginn	389	124	154	17°	Reihe a und b vom 2.—4. Tage mit B. 0.03 % gereizt
4 „ „ „	57	20	89	17°	
6 „ „ „	3	2	85	17°	
8 „ „ „	6	11	220	20°	

Tabelle 10.

Methylsulfat 0.01 % bei 17° in seinem Einfluß auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser in Wägegläschen

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven			Temperatur des Versuchs	
	Reihe a	Reihe b	Kontrolle c		
2 Tage n. Versuchsbeginn	44	126	55	17°	Reihe a und b vom 2.—4. Tage mit M. 0.01 % gereizt.
4 „ „ „	5	23	33	16°	
6 „ „ „	6	8	204	20°	

Der Versuch zeigt, daß die vergifteten Reihen auf Temperaturerhöhung nicht mehr ansprachen. Es lag also eine nachhaltige Schädigung vor.

Selbstredend ist bei sehr niedrigen Temperaturen jede chemische Einwirkung auf den Stoffwechsel des Schädlings verlangsamt, sie wird aber keineswegs durch niedrige Temperaturen unterbunden. (S. p. 49 u.)

Es darf aus den Tabellen 8, 9 und 10 nicht gefolgert werden, daß unteroptimale Temperaturen positive Reize stärker beeinträchtigten als negative. Es lassen sich weder die absoluten Temperaturen und noch weniger die Dosierungen der Reizstoffe unmittelbar vergleichen. Temperaturerniedrigung dürfte die Permeabilität der Zelle unabhängig von der Qualität des Reizes herabsetzen. —

In den nunmehr folgenden Reizversuchen mit chemisch wirksamen Agenzien, ist der Begriff des chemischen Reizes so

weit gespannt, wie es die biologische Bedeutung des chemischen Sinnes verlangt.

Nach Buddenbrock[40]) kann zwischen Geruchs- und Geschmackssinn bezüglich der Reizaufnahme durch die empfindende Sinneszelle keine Trennung gemacht werden, da der adäquate Reiz für beide ein chemischer Reiz ist. Bezüglich der Reizinduktion ist aber theoretisch und experimentell ein Unterschied möglich.

Buddenbrock sagt wörtlich: „Der Geruchssinn ist vor dem Geschmackssinn dadurch gekennzeichnet, daß er dem Organismus Kunde von Dingen gibt, die räumlich häufig um ein bedeutendes von ihm entfernt sind. Dagegen ist als allen Geschmacksstoffen gemeinsame Eigenschaft nur ihre Wasserlöslichkeit zu nennen."

Dies besagt, daß ein geschmackswirksamer Körper, wenn er einen Einfluß auf unseren Erdnematoden haben soll, in einer gewissen Konzentration gelöst im Bodenwasser vorhanden sein muß. Anders für den Geruchssinn. Hier genügen z. B. für den Menschen 0,05 Tausendstel Milligramm Cumarin auf ein Liter Luft für die Perzeption. Für einen volatilen Körper würde die Luft des Bodens als Reizüberträger dienen. Die Verteilung des Reizes würde damit schneller und allseitiger als bei einer Lösung geschehen. Die anzuwendenden Substanzmengen würden bedeutend geringer sein. Die Gefahren, die einem Geruchs-Körper im Boden drohen, sind ebenfalls geringer als jene, denen ein Stoff unterworfen ist, der, um wirksam zu werden, im Bodenwasser erst in Lösung gehen muß.

Im folgenden sind keineswegs nur Geruchsreize zur Verwendung gekommen. Vielmehr geschah die Anwendung der Reizkörper meist durch Zugabe zum Wohnwasser, wobei dann von Fall zu Fall entschieden werden müßte, ob die Wirksamkeit des Reizes durch eine Lösung im chemischen Sinne, oder durch suspendierte Moleküle, wie Henning[40a]) meint, verursacht wurde.

Einige methodische Versuche müssen vorausgeschickt werden, da sie auf die Physiologie des Tieres Licht werfen und die Berechtigung der experimentellen Bedingungen bestätigen.

Methodische Bemerkungen zur Anstellung der Schlüpfversuche.

Im Laufe der Schlüpfversuche zeigte es sich, daß Erdauszüge starken Schlüpfreiz auf die vorher in destilliertem Wasser gehaltenen Tiere ausübte. Tabelle 11. Die Auszüge wurden folgendermaßen gewonnen: In einem gewöhnlichen Blumentopf wurde Gartenerde des Instituts mit Leitungswasser begossen, bis das Wasser unten aus dem Topf

[40]) Buddenbrock p. 141, 1924.

[40a]) Buddenbrock p. 141, 1924

herauslief. Dieses Ablaufwasser wurde filtriert und 10 ccm davon wurden als Wohnwasser der Cysten in den Wägegläschen der Schlüpfversuchsreihen benützt:

Tabelle 11.

Schlüpfversuch mit Erdablaufwasser als Reiz.
Zeigt den Einfluß von Erdablaufwasser auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm destilliertem Wasser bei 25° C in Wägegläschen gehalten.

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven				
	Reihe a	Kontrolle b	Reihe c	Kontrolle d	
2 Tage n. Versuchsbeginn	37	389	69	87	Reihe a und c vom 2.—4. Tage in Erdablaufwasser gehalten.
4 „ „ „	3658	344	1806	208	
6 „ „ „	—	—	217	16	

Erdablaufwasser wirkte als positiver Reiz.

Zunächst legte der obige Befund den Gedanken nahe, daß alle bisher gefundenen Reizkörper nur Teile eines Sammelreizes seien, der von dem Erdablaufwasser ausging oder aber, daß der starke Reiz des Bodenablaufwassers mit den Wirkungen der Reizkörper interferieren würde, so daß diese sich keine Geltung mehr verschaffen könnten. Dies traf aber nicht ein.

Brachte man die Cysten von vornherein in Erdablaufwasser, so war das relative Bild der Schlüpfzahlen dasselbe wie in destilliertem Wasser. Die absoluten Zahlen lagen nur anfangs höher, als die in destilliertem Wasser erzielten Werte. Reizwirkungen chemischer Körper machten sich aber ebenso bemerkbar, wenn sie in Bodenablaufwasser, wie wenn sie in destilliertem Wasser zur Anwendung kamen:

Tabelle 12.

Vergleich des Einflusses positiver Reizkörper auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm Erdablaufwasser und in 10 ccm aqua dest. in Wägegläschen bei 25° C gehalten.

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven						
	Cysten in Erdablaufwassser gehalten				Cysten in aqua dest.		
	Reihe a	Kontrolle b	Reihe c	Kontrolle d	Reihe e	Kontrolle f	
2 Tage n. Versuchsbeginn	614	422	344	729	3	38	Reihe a, c und e mit demselben positiven Reiz versehen.
4 „ „ „	1083	98	2850	196	356	31	
6 „ „ „	307	54	—	—	—	—	

Der Versuch zeigt, daß auch im Erdablaufwasser positive Reize sich ebenso bemerkbar machten wie in destilliertem Wasser. Da sich aber Erdablaufwasser in seiner Wirkung als sehr unkonstant erwies, wurde auf destilliertes Wasser zurückgegriffen.

Tabelle 13.

Ermittlung des Einflusses einer Ringerschen Lösung auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten bei 25° C in 10 ccm destilliertem Wasser in Wägegläschen gehalten

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven				
	Reihe a	Reihe b	Kontrolle c	Kontrolle d	
2 Tage n. Versuchsbeginn	42	70	14	36	
4 „ „ „	18	25	21	46	Vom 4.—6. Tage Reihe a und b in Ringerscher Lösung gehalten. Kontrolle d mit positiven Reiz versehen
6 „ „ „	29	34	21	143	
8 „ „ „	18	19	43	201	

Der auch von Duruz (l. c.) geäußerte Gedanke, daß destilliertes Wasser in seinen osmotischen Eigenschaften schädlich wirken könnte, führte zu einem Vergleich einer Ringerschen Lösung mit destilliertem Wasser. Tabelle 13.

Der Versuch zeigt, daß Ringersche Lösung ohne Einfluß auf das Schlüpfen der Tiere blieb. Anscheinend genügen also die den Cysten anhaftenden Erdpartikel, um das destillierte Wasser seiner Giftwirkung zu berauben.

Auch wurde versucht, die Schlüpfreihen bei einer Außentemperatur von 17° zu halten, um für positive Ausschläge eine größere Amplutide zur Verfügung zu haben. Auch dies erwies sich als unzweckmäßig, da sich bei den suboptimalen Temperaturen auch nur suboptimale Reaktionen ergaben:

Tabelle 14.

Einfluß der Temperatur auf die Wirkung desselben positiven Reizes auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten in 10 ccm destillierte m Wasser in Wägegläschen gehalten.

	Anzahl der ausgeschlüpften Larven			
	bei 25° C Reihe a	bei 17° C Reihe b	bei 7° C Reihe c	
2 Tage nach Versuchsbeginn	275	119	84	
4 „ „ „	126	59	50	vom 4.—6. Tage wurden Reihe a, b u. c demselben Reiz unterworfen.
6 „ „ „	2905	594	77	
8 „ „ „	922	71	17	

Während also bei 7° die Reizbarkeit des Schädlings kaum feststellbar ist, erreichte sie bei 17° nur den halben Wert, den sie bei 25° besitzt. (s. o.) Geringfügige Reize, deren Reaktion physiologisch ebenso wichtig sein konnten wie starke Reize, blieben bei niederen Temperaturen unterschwellig oder konnten nicht einwandfrei beobachtet werden. Für Reize mit lähmender Wirkung vollends war die Erfolgsamplitude bei niederen Temperaturen stark gedrückt. Darum erfolgten die Versuche in der Rensch'schen Anordnung (1924).

Oft wurden Körper nicht in Lösung gegeben, sondern 3 mg des Chemikals wurden im Deckel des Cystenglases angebracht, um den Tieren nur die, durch Verdampfung freiwerdenden Geruchspartikel zur Verfügung zu stellen. Diese 3 mg entsprechen, falls sie in Lösung gehen sollten, einer maximalen Konzentration von 0,03%.

Da sämtliche Versuche im Hinblick auf eine Bekämpfungsmöglichkeit des Schädlings angestellt wurden, ist nur selten ein Versuch mit einem Reizkörper zur restlosen Durchführung gekommen. Nur für wenige Mittel sind die Schwellenwerte genau bestimmt worden. Auch sind viele der Tabellen nicht weitgehend ausgeführt, d. h. die Wirkung eines Körpers ist nur für beschränkte Zeitdauer verfolgt worden, weil die Aufgabenstellung der Arbeit das Einschalten neuer Körper in dieselben Reihen verlangte, sobald das erlangte Zahlenmaterial einen einigermaßen genauen Einblick in den Reaktionsverlauf gewährte. Es folgen zunächst einige Versuche mit Pflanzen:

Schlüpfversuche mit Pflanzen und Pflanzensäften als Reizstoffen.

Um die physiologischen Beziehungen zwischen Pflanze und Schädling experimentell zu erfassen, kam eine Reihe von Schlüpfversuchen mit Pflanzen und Pflanzensäften zur Durchführung.

Der folgende Versuch zeigt, auf welche Weise der Witterungssinn von Heterodera durch die Pflanze erregt wird.

Es wurden im Deckel der Versuchsgefäße je fünf acht Tage alte Rübenpflanzen befestigt, die keinerlei Verbindung mit den am Boden des Gefäßes befindlichen Cysten und deren Wohnwasser hatten: Zusammenstellung I, Nr. 15 (Anhang).*)

Der Versuch zeigt, daß die Anwesenheit der Rübsenkeimlinge in der Luft des Versuchsgefäßes stark und nachhaltig auf das Ausschlüpfen der Larven gewirkt hat. Wir können für diese Wirkung keinesfalls die Konzentration einer Lösung chemischer Körper im üblichen Sinne zur Verantwortung ziehen, vielmehr beweist das Experiment, daß volatile Geruchsstoffe, nach Henning wahrscheinlich in der Luft des Wohnwassers

*) Die folgenden Tabellen sind unter Weglassung des vollen Textes im Anhang zusammengestellt. Sie sind im Sinne der Tabellen 7—14 zu lesen.

ebenso suspendiert wie in der Luft oberhalb des Wassers, eine starke Reizwirkung auf den Schädling ausüben.

Rübsen-Wurzelsekrete in der Baunackeschen Weise gewonnen, hatten keinen besseren Erfolg als die in der Luft aufgehängten Rübsenpflanzen: Zusst. I, Nr. 16.

Die Gewinnung von „Rübsenwurzelsekreten" oder „Rübsenablaufwasser" geschah folgendermaßen:

In flachen Tonschalen wurde Rübsen in Glassand zur Keimung gebracht. 100 ccm destilliertes Wasser, durch die Gefäße hindurchgegossen und filtriert, bildete den Reizstoff „Wurzelsekrete". 5 ccm dieser Lösung wurden den 10 ccm Wohnwasser zugesetzt. Tabelle 16, Zusst. I zeigt die Wirkung des Stoffes. In derselben Weise wurden die „Wurzelsekrete" in den unten folgenden Versuchen gewonnen.

Der Reiz des Wurzelablaufwassers ist vielleicht etwas energischer als der, welcher von den Pflanzen in Luft ausging. Da in den Tonschalen etwa 500 Keimlinge erwuchsen, ist die Menge des im „Sekret"-Versuch wirksamen Stoffes größer als im Luftversuch. Es ist aber nicht nötig an qualitative Unterschiede zu glauben.

Um weiter zu zeigen, daß der Schlüpfreiz, der von inklinierenden Pflanzen ausgeht, keineswegs an die wasserlöslichen Wurzelsekrete gebunden ist, sondern durch den Geruch der ganzen Pflanze hervorgerufen wird, wurden die oberirdischen Teile von je einer drei Wochen alten Rübenpflanze in der obigen Weise in dem Wohngefäß der Versuchstiere befestigt. Zusst. I, 17.

Die Pflanzenteile wurden 6 Tage lang in den Deckeln der Versuchsgefäße belassen. Der Versuch zeigt, daß ein starker und nachhaltiger Schlüpfreiz von den oberirdischen Pflanzenteilen einer inklinierenden Pflanze ausging. Dieser Reiz ist dem der gesamten Pflanze beinahe äquivalent. Der Befund bildet eine Erklärung der von Molz 1920 gezeigten Tatsache[41]), daß Rübenblattdüngung dem Schädling Vorschub leistet. Die Stimulation des Objektes durch den Geruch der Rübenblätter im Verein mit dem den Boden lockernden und die Temperatur erhöhenden Einfluß der verwesenden organischen Pflanzenmasse bewirkten eine schnellere Generationsfolge und damit eine quantitative Zunahme des Schädlings, wenn eine Wirtspflanze nach der Rübenblattdüngung gebaut wurde. (Vergl. auch p. 64 Wirkung des Rübensaftes.)

Für Maiskeimlinge mit Wurzeln konnte die gleiche Reaktion bei derselben Versuchsanordnung wie für Rübsen gezeigt werden; s. I, 18.

Die Reaktion ist schwächer und weniger nachhaltig als die von Rübsenkeimlingen, verläuft aber im selben Sinne.

Ungefähr in demselben Verhältnis wirkte der Reiz von Maiswurzelablaufwasser, hergestellt wie Rübsenwurzelsekrete; s. I, 19.

---

[41]) Müller u. Molz p. 769, 1920.

Auch die Anwesenheit von Luzernekeimlingen wirkte aktivierend; s. I, 23.

Auch in diesem Falle wurde das Ablaufwasser derselben Pflanze in Vergleich gestellt (I, 21) und zeitigte dieselbe Reaktion.

Die Versuchsreihen der Tabelle I, 21 sind, wie die Kontrollreihe zeigt, älter und darum nicht mehr so produkionsfähig wie die Reihen der Tab. I, 20.

Bereits Rensch[42]) hatte an Roggen und Cichorie gezeigt, daß es immune Pflanzen gibt, die einen Schlüpfreiz ausüben können. Für Roggen wurde das Ergebnis Renschs bestätigt, daß für diese Pflanze eine zwar deutliche Reizwirkung besteht, die aber hinter der von Rübsen zurückbleibt. (I, 22).

Durch diese Versuche ist die Zahl der Früchte, die den Schädling wie die Cichorie aus der Cyste herauslocken, ohne ihm Nahrung zu gewähren, um zwei, nämlich Luzerne und Mais, vermehrt. Wahrscheinlich ließen sich diese Befunde noch erheblich erweitern.

Für Weizen, Gerste und Hafer, die für die Provinz Sachsen als Wirtspflanzen gelten müssen, wurden keine Untersuchungen angestellt, weil diesen Pflanzen mit Sicherheit Lockwirkung zugesprochen werden muß. Der Schädling „handelt" so einseitig, von chemischen Wahrnehmungen geleitet, daß die Lockwirkung einer Wirtspflanze als unbedingtes erstes Glied in der Kette der zum Befall führenden Reflexe anzusprechen ist. Tastempfindung für die Orientierung des Schädlings anzunehmen, scheint in Anbetracht der beherrschend vorhandenen chemischen Sensibilität kaum angängig.*)

Immerhin kommt den meisten Ergebnissen mit Pflanzenstoffen keine allgemeine Bedeutung zu, da diese Versuche von der, durch Gewohnheit beherrschten Geschmacksrichtung des Schädlings abhängig sind. Ihre Betrachtung ist aber zur Erkennung der wirksamen Prinzipien wichtig.

Keinerlei Wirkung zeigte der weiße Steinklee als unverletzte Pflanze. Weder „Ablaufwasser" noch „Keimlinge in Luft" reizten den Schädling.

Auch Hanf, Lupine und Buschbohne lockten den Schädling in keiner Versuchsanordnung.

Zusammenfassend läßt sich über die Reizwirkung junger Pflanzen an Hand der obigen Versuche folgendes aussagen:

Für die Wirtspflanze Rübsen genügte der Geruch der ganzen Pflanze wie auch oberirdischer Pflanzenteile zur Auslösung der Schlüpfreaktion. Auch der Geruch von immunen Pflanzen, wie von Mais- und

---

[42]) Rensch 1924, p. 412.

[42a]) Nebel 1926, p. 93.

*) Es ist an dieser Stelle nur die exzitative Wirkung der Pflanzenstoffe untersucht worden. Für die meisten Pflanzenstoffe ist diese aber mit der taktischen Wirkung kongruent, wie a. a. O. gezeigt wird; s. [42a]).

Luzernekeimlingen genügte, um den Schädling zu erregen. Für die immunen Pflanzen Hanf, blaue Lupine und Buschbohne, konnte keinerlei Lockwirkung festgestellt werden. Die Versuche zeigen, daß die Immunität einer Pflanze unabhängig von der Reizwirkung ihres spezifischen Geruches ist. Es ist daher anzunehmen, daß die Immunität einer Pflanze, wenn sie keine anatomischen Ursachen hat, wie Rensch an Gerste zeigte (Rensch 1925)[43]) in den Eigenschaften des Zellsaftes begründet ist. (Vgl. Nilsson-Ehle 1920.)[44])

Auf der Suche nach einer den Nematoden feindlichen Pflanze, deren Anbau als Zwischenfrucht dem Schädling Abbruch tun sollte, kam die Prüfung verschiedener Pflanzensäfte und -auszüge zur Durchführung. Auch sollten die Versuchsergebnisse von Müller und Molz „über den Einfluß verschiedener Vorfrüchte" (1922 p. 769) im Schlüpfversuch beleuchtet werden. Auch die Alkaloidempfindlichkeit von Heterodera wurde in diesem Zusammenhang berührt.

Zunächst wurde verdünnter Zichorienwurzelextrakt geprüft. Es wurden 20 g Wurzelsubstanz mit 50 g Wasser gequetscht und der Auszug abgefiltert. 1 ccm dieser Lösung wurde dem Wohnwasser zugesetzt. Tabelle I, 23. In derselben Weise wurden die unten folgenden Pflanzenauszüge hergestellt.

Der verdünnte Wurzelextrakt von Zichorie hindert momentan das Schlüpfen. Nach Fortnahme des Reizes kommt es aber zu einem kompensierenden Massenschlüpfen. Es scheint, daß der Unterschied zwischen diesen Versuchen und denen von Rensch (1924), bei welchen das Schlüpfen nachhaltig unterdrückt wurde, in der Konzentration des Auszuges begründet liegt. Das obige Ergebnis erklärt den unten zu zeigenden Ausfall der Erdversuche mit Zichorienresten.

Es wurde sodann Mohnextrakt geprüft. Gewinnung des Extraktes wie oben, aber von oberirdischen Pflanzenteilen. Der Auszug hatte keinen Erfolg.

Tabakextrakt, der durch Quetschen von 5 g trockenem Tabak in 50 ccm Wasser und kurzes Kochen gewonnen wurde, zeigte selbst in hohen Konzentrationen nur eine minimale Wirkung. Tabellen I, 24 u. 25.

Es kann an dieser Stelle schon gesagt werden, daß der Alkaloidgehalt gewisser Pflanzen in keiner Weise toxischen Einfluß auf den Schädling hat.

Buschbohnenextrakt von schwarzer Buschbohne hatte einen hemmenden Einfluß. Anwendung wie oben, p. 64, Kraut und Wurzel verwendet. Tabelle I, 26.

Buschbohnenextrakt wirkte aber keineswegs letal, wie der folgende Versuch zeigt. Tabelle I, 27.

---

[43]) Rensch 1925, p. 5.

[44]) Nilsson-Ehle 1920, p. 1—34.

Die letzte Versuchsreihe, Tab. I, 27, zeigt, daß ein starker Aktivierungsreiz im Stande ist, die Hemmungen, welche Buschbohnenextrakt ausübte, zu durchbrechen. Es gelang demnach dem negativen Reiz nicht mit dem positiven zu interferieren.

In derselben Weise verhielt sich der Auszug der immunen Kapuzinerkresse. Herstellung wie Buschbohnen.

Es zeigt sich aus den vorliegenden Versuchen, daß es durch keinen der untersuchten Pflanzensäfte gelang, den Schädling nachhaltig in Schach zu halten. Dennoch ließ der Gedanke, eine Pflanze zu finden, deren Anwesenheit in der Biozönose des Ackers den Wurm vergrämen sollte, noch eine Reihe von Pflanzenauszügen zur Untersuchung kommen.

Zur Kontrolle wurde Rübenextrakt in der obigen Weise hergestellt gegeben. Tabelle I, 28. Herstellung wie Zichorie, p. 64.

Der Versuch, Tab. I, 28, beweist, daß es bei der Erprobung der Pflanzensäfte nicht eine bloße Folge der Veränderung des Milieus war, welche die Tiere am Schlüpfen hinderte, sondern daß die spezifischen Wirkungen des Chemismus der Pflanzenstoffe die negative oder positive Reaktion hervorriefen.

Luzerneextrakt, hergestellt wie von Mohn aus oberirdischen Teilen der Pflanze, übte keine merkbare Wirkung aus.

Ebenso verhielten sich Sonnenblume, Extrakt von Löwenzahnblättern und Extrakt von Löwenzahnwurzeln, alle wie Zichorie gewonnen.

Löwenzahnwurzelauszug wirkte leicht positiv.

Auszug von Mahonia, gewonnen wie Mohnextrakt, wirkte schlüpfhindernd, aber nicht tödlich. Tabelle I, 29.

Der Auszug der Mahonie verhielt sich wie der von Buschbohne. Die Mahonie war von Dr. Heuser, Danzig, (mündlich) als nematodenfeindlich angegeben worden: Die Ecke eines verseuchten Ackers, welcher mehrere Jahre lang mit Mahonie bestanden war, zeigte sich bei dem folgenden Rüben-, Grünkohl- und Spinatanbau völlig nematodenfrei. Diese Beobachtung ist folgendermaßen zu erklären: Die während des Mahonienanbaues auf dem betreffenden Ackerstück freigewordenen Larven sind wahrscheinlich ausgewandert, mindestens hat keine Zunahme der Nematoden während des Mahonienanbaues stattgefunden. Das geringe Wachstumstempo dieser Zierpflanze bedingt eine geringe Nährstoffaufnahme. So befanden sich die Hackfrüchte der Schlagecke, als das Ackerstück wieder in die Fruchtfolge des Schlages einbezogen wurde, in zweifacher Hinsicht unter günstigeren Bedingungen als die Schwesterpflanzen des Hauptschlages. Eine nachhaltige Vergrämung der Nematoden, die auch eine Neueinwanderung in die mit den Wurzelresten der Mahonie durchsetzte Schlagecke verhinderte, ist mit Rücksicht auf die Ergebnisse von Tab. I, 29 nicht ganz unmöglich.

Es läßt sich an dieser Stelle sagen, daß der Schädling auf die Geschmacksqualität „bitter“ nicht anspricht (s. u. Pikrinsäure u. Chinin-

sulfat), mindestens übten Stoffe, die durch diese gemeinsame Eigenschaft ausgezeichnet sind, keine gleichwertige Reaktion aus. (Löwenzahn, Quassia, Mahonie, Enzian s. u.)

Das Quassiaholz verursachte im Schlüpfversuch eine leichte Hemmung. Der Auszug wurde durch Überbrühen von 2 g trockener Substanz mit 50 g Wasser erhalten. Der Auszug blieb auf der Pflanzenmasse stehen und wurde zum Gebrauch abfiltriert. Es kamen auf 10 ccm Wohnwasser 8 ccm Extrakt zur Anwendung.

Extrakt von Enzianwurzel, wie Quassiaauszug erhalten, blieb ohne Wirkung.

Auszüge von Artemisia absinthium und Mentha arvensis, die außer durch ihren Geschmack durch einen sehr spezifischen Geruch ausgezeichnet sind, blieben ohne Wirkung. Die Extrakte wurden wie der Mohnauszug gewonnen.

Auch der Anwendung der Anthelmintika Aspidium filix mas, Flores cinae und Tanacetum vulgare folgte keine Reaktion.

Das Anthelmintikum Santonin, dem eine spezifische Wirkung auf glatte Muskulatur zukommt[45]), blieb auch in gesättigter Lösung völlig erfolglos. Tabelle I, 30.

Der Abfall der Schlüpfzahlen am sechsten Tage des Versuches, Tab. I, 30, ist durch Unregelmäßigkeiten der Thermostatenheizung zu erklären. —

Müller und Molz erwähnen 1914 l. c. die Zwiebel als Nematodenfeindin.

Obwohl in ihren eigenen Versuchen Zwiebelsaft und die Zwischensaat dieses Gewächses keinen Einfluß auf den Befall hatte, halten es die Verfasser für möglich, daß dem Schwefelzyanallyl nematodizide Wirkung zukomme. Es wurden daher Zwiebelstückchen dem Wohnwasser der Nematoden beigegeben:

Während die Zahlen der Kontrolle, Tab. I, 31, einen stetigen Abfall nehmen, zeigen sich die Versuchsreihen deutlich positiv gereizt. Das Ergebnis gibt eine gute Erklärung zu dem Befund von Müller und Molz 1914, daß Zwiebel und Zwiebelsaft als Rübendüngung den Befall von Rübenkeimlingen vermehren. Der Zwiebelsaft ist kein Nematodizid. Vorläufig ist anzunehmen, daß günstige Erfahrungen praktischer Landwirte mit Zwiebelanbau auf verseuchtem Boden, auf der Immunität der Pflanze beruhen. Die Reizwirkung der unverletzten Pflanze soll noch erprobt werden.*)

Zusammenfassend ist über die Wirkungen der geprüften Pflanzensäfte auszusagen: (s. a. Tab. 88 p. 69) Einige Pflanzenauszüge übten einen mäßig negativen Einfluß auf das Schlüpfen aus, so z. B.

---

[45]) Poulson p. 337, 1922.

*) Nebel, B., Zur Frage der Nematodenbekämpfung. Zuckerrübenbau 1926, p. 93.

Zichorie, Mahonie, Artemisia, Buschbohne, Quassia, Rainfarn, Steinklee und Tabak. Vergleichsweise herangezogener Rübensaft zeigte durch seinen positiven Ausschlag, daß nicht die Konzentration der Säfte der negativ wirksamen Pflanzen das Schlüpfen behindert hatte, sondern daß man das chemische Unterscheidungsvermögen des Tieres für die Reaktion verantwortlich machen muß. Neutral verhielten sich die Säfte von: Luzerne, Aspidium, Cina, Enzian und Sonnenblume. Schwach positiv wirkten Zwiebel- und Löwenzahnsäfte. Stark positiv Rüben und Rübsen. Betrachten wir die geprüften Pflanzen nach ihren charakteristischen Eigenschaften, so läßt sich sagen: Die spezifischen Anthelmintika der Humanmedizin, Aspidium filix mas, Flores cinae, Tanacetum und Santonin blieben ohne nachhaltig schädigende Wirkung. Auch Pflanzenauszüge mit stark riechenden ätherischen Ölen: Artemisia und Mentha, mit spezifisch giftigen Alkaloiden und Estern: Mohn, Tabak und Zwiebel und endlich von bitter schmeckenden Pflanzen und einigen anderen, wie Zichorie, Mahonie, Löwenzahn, Quassia, Enzian, Buschbohne, Kapuzinerkresse, Luzerne und Sonnenblume beeinflußten den Schädling nur vorübergehend in der oben gezeigten Weise.

Der Versuch, ein Gewächs zu finden, das durch Zwischen- oder Stoppelsaat die Nematoden nachhaltig daran hinderte, auf positive Reize zu reagieren, muß als gescheitert betrachtet werden.

Im Anschluß an die obigen Schlüpfversuche ist nunmehr eine Reihe von Topfversuchen zu besprechen, welche die obigen Befunde ergänzen.

Topfversuch mit Cichorienwurzel.

Zichorienwurzel wurde fein geschnitten und 5 g Pflanzenmasse mit 270 g verseuchter Erde vermengt. Die Erde wurde unter gleichzeitigem Ansatz entsprechender Kontrolltöpfe in Blumentöpfen untergebracht und es erfolgte sofortige Einsaat von 20 Körnern Rübsen. Nach 8 Tagen wurden die Rübsenkeimlinge aus der Erde genommen, gewaschen, mit Jod ausgefärbt und die eingewanderten Larven kamen zur Auszählung. Tabelle II, 76 (Anhang).

Das Ergebnis der Tab. 76 hält zwar einer exakten Fehlerwahrscheinlichkeitsrechnung nicht stand, der Versuch spricht aber augenfällig für eine Wirkung der Zichorie.

Topfversuch mit Cichorienblatt und -wurzel.

Es wurden sodann wie im obigen Versuch 2½ g Blatt und 2½ g Wurzel mit 270 g Erde vermengt. Die Auszählung ergab: Zusst. II, 77.

Der Versuch Tab. 77 zeigt nach 8 Tagen und nach 6 Wochen keine erkennbare Wirkung der Zichorie; erst nach 12 Wochen scheint der mit Zichorie behandelte Topf geringeren Befall als die Kontrolle aufzuweisen.

In diesen Versuchen zeigt sich, daß der Einfluß der Zichorienreste keineswegs stark befallmindernd wirkt. Der Düngung mit Zichorienresten darf daher keine ernsthafte Bedeutung in der Seuchenbekämpfung zugemessen werden. Der von Müller und Molz 1923[46]) in dieser Richtung ausgeführte Versuch zeigt zwar für den Befall der Keimpflanzen einen mindernden Einfluß der Zichorienabfalldüngung. Berechnet man aber in der letzten Tabelle der einschlägigen Veröffentlichung das Gewicht der Einzelrübe aus der Ernte der Versuchsparzellen, so findet man eine Minderernte auf den behandelten Parzellen.

Dabei entsprechen die von Müller und Molz[47]) angewendeten Mengen von ca. 53 und 18 Ztr. wohl getrockneter Pflanzenmasse auf den Morgen, ungefähr der Unterbringung einer Vollernte. Auch in den vorliegenden Topfversuchen wurden prozentual die gleichen Mengen gegeben.

Die Wurzelreste der Zichorie, kurz vor der Saat einer inklinierenden Frucht in den Boden gebracht, können geringfügig befallmindernd wirken. Der Einfluß verwischt sich aber bald und scheint ohne Wirkung auf die Ernte zu bleiben. Die von der landwirtschaftlichen Praxis gemachte Erfahrung, daß Zichorie auf verseuchten Feldern eine gute Vorfrucht für Rüben bildet, kann nur mit der aktivierenden Wirkung der Pflanze auf den Schädling erklärt werden. Die mechanische Untergrundlockerung durch den Tiefwurzler wirkt ebenfalls günstig auf die Nachfrucht. Auch würde die obige Erfahrungstatsache dafür sprechen, daß freie Nematodenlarven unter der stets wechselnden Reizwirkung einer Pflanzendecke, deren wachsende Individuen mit jeder neuen Faserwurzel die Larve zu neuer Bewegung und damit zu weiterem Stoffwechsel veranlassen, schneller dem Verderben anheimfallen als in ungereiztem, ungestörtem Ruhezustand. Versuche hierüber sind eingeleitet (s. o. p. 46).

Ähnlich wie Zichorie verhielten sich Möhre, Kapuzinerkresse und Steinklee im Topfversuch. Teile dieser Pflanzen vor der Saat in den Boden gebracht, drückten den Befall mehr oder weniger herab. Diese Befunde stehen in Übereinstimmung mit den oben angeführten Schlüpfversuchen: Zusammenstellung II, Nr. 78, 79 und 80.

Topfversuch mit Möhre, Kapuzinerkresse und Steinklee.

Zu diesen Versuchen waren 250 g verseuchter Erde mit 5 g oberirdischer, grüner, zerkleinerter Pflanzenmasse untermischt.

Die Zahlen zeigen, daß der Steinklee damit vielleicht eine Rolle in der Nematodenbekämpfung erhält.

Wegen der Fülle des Materials wurden die obigen Versuche nur mit zwei Wiederholungen angesetzt. Sie tragen darum rein qualitativen Charakter.

[46]) Müller u. Molz 1923, p. 287.
[47]) Müller u. Molz 1923, p. 287.

In derselben Versuchsanordnung wurden noch folgende Pflanzen erfolglos geprüft:

Buschbohne (schwarze),
Dill,
Endivien,
Fenchel,
Gelbklee,
Hanf,
Hopfen,
Kerbel,
Löwenzahn,
Lupine (blaue),
Luzerne,
Mahonie,
Malve,
Mais,
Negersaat,
Rainfarn,
Rüben (Kontrolle),
Schierling,
Schöllkraut,
Speichelwurz,
Zottelwicke.

Die Zahlenreihen dieser Gewächse, welche sich mehr oder weniger mit den Kontrollzahlen decken, seien hier nicht angeführt.

Als Übersicht der physiologischen Eigenschaften der bestuntersuchten Pflanzen in Beziehung auf unser Objekt möge nachfolgende Tabelle dienen.

Tabelle 88.

Die Beziehungen der untersuchten Nematodenpopulation zu einigen Pflanzen, häufigste Kulturgewächse vorangestellt

Pflanze	Wirkung der unverletzten Wurzel auf das Schlüpfen der Larven aus Cysten	Verhalten der Pflanze gegen den Schädling	Wirkung des Pflanzensaftes auf das Schlüpfen der Larven aus Cysten	Wirkung der toten untergegrabenen Pflanzenmasse auf den Befall von Rübsen im Erdversuch
Rüben	stark pos.	inkl.	pos.	pos.
Weizen	wohl pos. } nicht untersucht	inkl.	—	—
Gerste				
Hafer				
Roggen	pos.	imm.	—	—
Kartoffel	—	imm.	—	—
Luzerne	pos.	imm.	neutr.	neutr.
Erbsen	—	inkl.	—	—
Cichorie	pos.	imm.	schw. neg.	schw. neg.
Artemisia	—	—	schw. neg.	—
Aspidium	—	—	neutr.	—
Cina	—	—	neutr.	—
Buschbohne	neutr.	imm.	schw. neg.	schw. neg.
Dill	—	—	—	neutr.
Endivien	—	—	—	schw. neg.
Enzian	—	—	neutr.	—
Fenchel	—	—	—	pos.

Fortsetzung von Tabelle 88.

Pflanze	Wirkung der unverletzten Wurzel auf das Schlüpfen der Larven aus Cysten	Verhalten der Pflanze gegen den Schädling	Wirkung des Pflanzensaftes auf das Schlüpfen der Larven aus Cysten	Wirkung der toten untergegrabenen Pflanzenmasse auf den Befall von Rübsen im Erdversuch
Gelbklee	—	—	—	neutr.
Hanf	neutr.	imm.	—	neutr.
Hopfen	—	—	—	neutr.
Kapuz. Kresse	—	imm.	neg.	schw. neg.
Kerbel	—	—	—	neutr.
Löwenzahn	—	—	schw. pos.	—
Lupine	neutr.	imm.	—	neutr.
Mahonie	—	imm.	schw. neg.	—
Mangold	—	inkl.	—	—
Minze	—	—	—	neutr.
Malve	—	—	—	pos.
Mais	pos.	imm.	—	neutr.
Möhre	—	imm.	—	neg.
Negersaat	—	imm.	—	neutr.
Quassia	—	—	schw. neg.	schw. neg.
Radies	—	—	—	neutr.
Rainfarn	—	imm.	schw. neg.	neutr.
Rote Bete	—	inkl.	—	—
Schierling	—	—	—	neutr.
Schöllkraut	—	—	—	schw. neg.
Speichelwurz	—	—	—	schw. pos.
Steinklee	neutr.	imm.	schw. neg.	neg.
Sonnenblume	—	imm.	neutr.	—
Tabak	—	imm.	—	neutr.
Zottelwicke	—	imm.	—	neutr.
Zwiebel	—	imm.	pos.	—

pos. = positiv, inkl. = inklinierend, imm. = immun, schw. = schwach, neg. = negativ neutr. = neutral.

(Ergänzende Untersuchungen s. Zuckerrübenbau 1926 p. 93.)

Wir haben in Tabelle 88 im ganzen drei Gruppen von Pflanzen zu unterscheiden:

1. Pflanzen, die den Schädling anlocken, ohne ihm Nahrung zu gewähren; das sind aktive Feindpflanzen. Hierher gehören: Zichorie, Roggen, Luzerne und Mais. Biologisch scheint hier eine Geruchsähnlichkeit den Schädling zu einem „Irrtum" zu veranlassen.

2. Pflanzen, die den Schädling nicht anlocken und ihn nicht aufnehmen. Das sind Neutralpflanzen. Hier sind z. B. zu nennen: Buschbohne, Hanf und Lupine.

Steinklee gehört streng genommen nicht hierher, da seine Reste im Boden den Befall von Rübsenpflanzen verminderten. Steinklee führt zu den Feindpflanzen hinüber.

Zwiebel ist noch nicht genügend untersucht. Zwiebelreste aktivierten den Schädling, falls auch Zwiebelkeimlinge positiv wirken, was wahrscheinlich scheint, bildet die Zwiebel eine besondere Gruppe als Feindpflanze.

3. Pflanzen, die den Schädling locken und aufnehmen, das sind Rüben und Rübsen und alle anderen befallenen Pflanzen (Wirtspflanzen). Betreffs Weizen, Gerste und Hafer, siehe das auf p. 62 Gesagte. In Vervollständigung der Liste 88 werden sich für alle drei Pflanzengruppen noch weitere Vertreter finden lassen.

Mit Beziehung auf die Chemotaxis des Tieres seien an dieser Stelle zwei Reizversuche mit freien Larven auf Agar mitgeteilt, welche die obigen Befunde z. T. ergänzen. (Weitere Versuche auf Agar s. p. 85.)

2½%iger Agar wurde heiß in Petrischalen gefüllt und im Augenblick des Erstarrens mit Larven infiziert. Eingelegte keimende Rübsenkörner zogen stets alle anwesenden Larven, soweit diese beweglich waren, auf sich. Es gelang auch Befall und Cystenbildung auf Agar zu erhalten, wie es von Berliner und Busch (1914)[48]) beschrieben ist.

Wurde an Stelle von Rübsenkeimlingen ein oberirdisches Stengelstück derselben Pflanze in die Versuchsschale gebracht, so versammelten sich stets auch hier Tiere. Einwanderung wurde nicht beobachtet. Dieser Befund bildet eine Ergänzung zu dem Experiment mit oberirdischen Rübsenpflanzenteilen im Schlüpfversuch.

Bessere Erfolge als den bisher geschilderten biologisch-biozönotischen Experimenten war den Versuchen mit technischen Produkten beschieden.

Reizversuche mit technischen Produkten.

Es folgen nunmehr die Reizversuche mit mehr oder minder isolierten chemischen Körpern und Präparaten.

Wir betrachten zunächst die Wirkung einiger anorganischer Körper von allgemeinem Interesse im Schlüpfversuch.

Um das von Rensch qualitativ festgestellte Sauerstoffbedürfnis der Nematoden quantitativ zu messen, wurden die Versuchsgefäße mit dem Merk'schen Wasserstoffsuperoxyd gereizt; s. Zusst. I, 32.

0,01% Wasserstoffsuperoxyd gewährleistete die optimale Sauerstoffversorgung. Bei 0,001% erfolgte keine Reaktion.

Auch der Reiz von 0,1% H_2O_2 blieb hinter dem Kontrollwert zurück.

---

[48]) Berliner u. Busch l. c. p. 349, 1914.

Dem Wasserstoffsuperoxyd kommt nach Freundlich (1923)[49]) eine kapillarchemische Wirkung zu, so daß nicht nur die reine Oxydationswirkung an dieser Stelle in Frage kommt.

Es stand sodann die Untersuchung der physiologischen Wirkung der Stickstoffdüngemittel auf den Schädling zur Probe. Diese Frage ist für die Düngung unserer Rübenfelder äußerst wichtig. Untersuchungen in dieser Richtung liegen von Molz (1914)[50]) und von Rensch (1924)[51]) vor. Die grundlegenden Arbeiten des Bernburger Institutes[52] u. [53]) beziehen sich auf den Einfluß der Düngemittel auf den Krankheitsverlauf, sie handeln nicht von der Wirkung der Düngemittel auf den Schädling.

Der aktivierende Einfluß von Ammonnitrat und Harnstoff ist von Rensch im Schlüpfversuch gezeigt worden. Für Chilesalpeter konnte eine gleiche Wirkung festgestellt werden. Tabelle I, 33.

Der Reiz (Tab. 33) macht sich am 4. und 6. Tag nach der Anwendung, d. h. an der 2. und 3. Zahl unterhalb des Striches stark positiv bemerkbar.

Mit diesem Befund ergibt sich eine volle Übereinstimmung des Versuchsergebnisses des Schlüpfversuches mit den langwierigen Freilanduntersuchungen der Molzschen Arbeit.

Schwefelsaures Ammoniak und Ammonsulfatsalpeter derselben Konzentration blieben ohne Wirkung.

Ammonsulfatsalpeter hat sogar vielleicht das Schlüpfen etwas behindert.

Das von Baunacke (1922)[54]) so gepriesene nematodizide Ammoniak (NH_3) wurde in einer Menge von 2 mg auf die 25 ccm Luft des Versuchsgefäßes geprüft. Tabelle I, 34.

Es zeigte sich eine leicht stimmulierende Wirkung dieser Ammoniakmenge auf den Schädling. Wenn wir die große Flüchtigkeit dieses Körpers in Betracht ziehen, scheint es im Hinblick auf obige Zahlen nicht verwunderlich, daß Stift (1912)[55]) feststellt, daß das Ammoniakbekämpfungsverfahren zu einer Vermehrung des Schädlings führt. Auch hier liegt wiederum eine volle Übereinstimmung von Laboratoriumsergebnis und Felderfahrung vor. Die Ergebnisse decken sich außerdem mit den Feststellungen von Fuß (1923)[56]).

---

[49]) Freundlich p. 1051, 1923.
[50]) Müller u. Molz p. 959, 1914.
[51]) Rensch p. 412, 1924.
[52]) Wilfarth Römer u. Wimmer 1903, p. 1 ff. u. 1906, p. 1 u. 181.
[53]) Krüger 1911, p. 29.
[54]) Baunacke p. 204, 1922.
[55]) Stift, A., p. 417, 1912.
Stift, A., p. 988, 1895.
[56]) Fuß 1923, p. 22.

Ammoniak in höheren Konzentrationen angewendet zeigte, wie Baunacke[57]) schreibt, bei ¼% letale Wirkung. Tab. 34.

Es wirkte sogar noch 0,025% Ammoniak letal. Tab. 35.

Schwächere Mengen hingegen, wie sie in Tab. I, 35 zur Anwendung kamen, aktivierten.

Die obigen Versuche mit Ammoniak besagen:

Erst wenn es gelungen ist, alle Tiere des Erdreiches in eine 0,25% Ammoniaklösung auf mehrere Stunden einzuhüllen, werden die Tiere vernichtet. Kommen die Cysten dagegen lediglich mit Ammoniakgas in Berührung, so kommt es im besten Falle zu einer leichten Excitation ihres Inhaltes.

Die im Jahre 1890 von Willot[59]) in Frankreich vorgeschlagene Ammoniakentwicklung im Acker durch Ausstreuung von Ätzkalk und schwefelsaurem Ammoniak zu gleicher Zeit hat niemals zu Erfolgen geführt, die in der Literatur von sich reden gemacht hätten. Die Methode findet in einem Bericht über die Vernichtung von Phytophthora an Tabak auf Java Erwähnung[58]). Hier dient sie zur Desinfektion von einigen verseuchten Pflanzstellen. Es handelt sich hier um die Reinigung von handgroßen Ackerflächen. Über einen Erfolg dieser Methode bei der Vernichtung von Rübennematoden ist nichts bekannt.

In Hollrungs Werk über die Mittel zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten[60]) findet das Ammoniakgas und seine Herstellung aus den obengenannten Düngemitteln Erwähnung. Es ist aber auch hier nichts von Erfolgen von Ammoniakgas im Dienste der Nematodenvernichtung zu lesen.

Ammoniak 0,00025% blieb indifferent. Tabelle I, 55.

Tatsächlich scheint Ammoniak nicht giftiger zu sein als Kalilauge. Diese tötete, wie Hollrung[61]) und Schwartz[62]) berichten, mit 0,03% nach zwei Tagen. Der Vorgang des Absterbens von Larven wird durch folgende Tabelle (89), veranschaulicht.

Erst nach zwei Tagen starben die Tiere in 0,03% Kalilauge. Ein dem Tod vorausgehendes Excitationsstadium war deutlich festzustellen. Im Schlüpfversuch wurden diese Ergebnisse bestätigt.

0,1% Kalilauge tötete die Tiere. Tabelle I, 36.

Brachte man hingegen 0,03% Kalilauge während eines Tages zur Anwendung, so erhielt man die excitative Wirkung, die von einer geringen Depression gefolgt war. Tabelle I, 36.

---

[57]) Baunacke p. 204, 1922.

[58]) Boitenzorg, Medeelingen van het Labor, voor Plantenzickten Nr. 17, p. 38, 1915.

[59]) Willot nach Stift p. 417, 1922.

[60]) Hollrung 1923, p. 128.

[61]) Hollrung 1903, p. 1978.

[62]) Schwartz 1911, p. 35.

Tabelle 89.

Absterben der Larven in Kalilauge verschiedener Konzentration

Angewandte Konzentration der Kalilauge	Zustand der Larven zu verschiedener Zeit nach Versuchsbeginn			
	n. 2 Std.	n. 6 Std.	n. 22 Std.	n. 43 Std.
1 %	tot in Verkrümmung mit ausgestrecktem Stachel	Tiere gestreckt. Stachel protendiert	Tiere gestreckt, Stachel eingezogen	tot Stachel u. Oesophagus in Auflösung
0.09 %	lebhaft zuckende Bewegung	Tiere schwach zuckend, Stachel ausgestreckt	1 Tier schwach beweglich, Rest steif, gekrümmt oder gestreckt, Stachel protendiert	tot Stachel u. Oesophagus in Auflösung
0.03 %	lebhafte Bewegung	Tiere lebhaft (zuckend)	Tiere größtenteils steif, Stachel ausgestreckt	Tiere gestreckt u. tot Stachel protendiert
Kontrolle	normal beweglich	normal beweglich	normal beweglich	normal beweglich

Die Tabelle für 0,03% Kalilauge zeigt, daß die Reizkurve sich relativ zur Kontrollkurve am 3. Tage leicht gehoben hat.

Genau ebenso wirkte noch 0,01% Kalilauge bei eintägiger Einwirkung. Tab. I, 36. Auch hier sehen wir relative Excitation und geringfügige Depression in unmittelbarer Folge.

Bei 0,001% Kalilauge schien bei eintägiger Wirkungsdauer nur noch die positive Wirkungsmöglichkeit des Reizes erfaßt. Tab. 36.

0,0005% Kalilauge als Reiz lief der Kontrolle parallel und wurde darum nicht weiter verfolgt.

Wenn wir die Wirkung von Kalilauge und Ammoniak vergleichen, finden wir, daß der Reizeffekt beider Stoffe weitgehend parallel läuft. Es ist darum nicht nötig, eine spezifische Wirkung des Ammoniumions anzunehmen. Wenn nun eine indifferente Wirkung des schwefelsauren Ammoniaks gefunden wird (p. 72), so steht das in Übereinstimmung mit der obigen Annahme. Unerklärt bleibt aber die Wirkung von Ammonnitrat (p. 86), da eine generelle Wirkung der Nitrate ausbleibt (p. 89). Es ist das einfachste für Ammonnitrat an eine reine Geschmacksreaktion für den gelösten Stoff zu glauben, doch fehlt dieser Erklärung jede logische Rechtfertigungsmöglichkeit.

Einwandfrei geht hingegen aus obigen Versuchen die Hinfälligkeit der Ammoniakbekämpfungsmethode hervor[63]).

[63]) vergl. Rensch p. 7, 1925.

Kalkstickstoff hatte in den praktisch bei einer Düngung von 1½ Ztr. pro Morgen im Boden vorkommenden Konzentrationen keinerlei Wirkung.

Kainit machte sich schwach positiv bemerkbar.

Das Ergebnis der vorliegenden und der Rensch schen Untersuchungen an Düngemitteln lautet: Ammonnitrat, Harnstoff und Chilesalpeter sind auf Rübenfeldern zu meiden. Ammonsulfatsalpeter, schwefelsaures Ammoniak und Kalkstickstoff können mit Rücksicht auf den Schädling ohne Bedenken verwendet werden. Kainit hat keinen negativen Einfluß. Ammoniakwasser ist als Nematodizid unbrauchbar.

Vom Standpunkt der Nematodenphysiologie darf der Ansicht von Professor Krüger-Bernburg 1909, 1911, 1912, 1922 „daß man den Nematodenschaden durch ausreichende Düngung ganz oder doch größtenteils abwenden kann", unter keinen Umständen voll beigepflichtet werden.

Eine direkte Schädigung der Nematoden durch hohe Düngergaben geschieht nicht. Die Methode der Überschußdüngung findet ihre Berechtigung nur, solange die Nematodenverseuchung in einigermaßen bescheidenen Grenzen liegt. Sobald die Verseuchung ernstere Formen annimmt, führt mit Überschußdüngung betriebener, weiter forcierter Rübenbau unbedingt zu Fehlschlägen. Es gibt Fälle, in denen die Verseuchung keine extremen Formen annimmt. Dies ist auf nahezu allen Böden geringerer Bonität der Fall. Bodenarten, die nicht mild, humos und tiefgründig sind, zeigen nie eine sehr hohe Verseuchung. Hierüber liegt umfangreiches Material vor, das uns aber an dieser Stelle zu weit führen würde. Hier ist Überernährung der Rüben geraten. Wo dagegen der Höhe einer Verseuchung keine Grenze gezogen ist, führt Überschußdüngung und uneingeschränkter Rübenbau in trockenen Jahren zur Katastrophe. So ergab ein Rübenschlag des Jahres 1925 bei reichlicher Düngung, aber sehr hoher Verseuchung (in 75 g Boden in 50 cm Tiefe wurden 216 Cysten gefunden, wovon 98 mit Brut gefüllt waren) ein Normalrübengewicht von 186 g. Derselbe Schlag brachte am entgegengesetzten Ende auf merklich strengerem, grobkörnigen Boden, bei einer Verseuchung von 156 Cysten, wovon 17 voll waren, ein Normalrübengewicht von 269 g. Die Verseuchungszahlen wurden im Juli gewonnen. Auch die zweite Zahl bedeutet keineswegs eine geringe Verbreitung des Schädlings. Bei sehr hohen Verseuchungszahlen ist ein rentabler Rübenbau unter allen Umständen ausgeschlossen[64]).

Soweit die technischen Körper, welche dem Ackerboden im Rahmen der Kultivierung zugeführt werden.

[64]) Rensch gab 1925 folgende Grenzwerte der Verseuchung eines Bodens an: Stark verseucht sind Böden, die in 75 g Erde aus Mischproben 120 und mehr Cysten enthalten, wovon 15 Prozent und mehr mit Brut gefüllt sind. Ein Boden mit 60—120 Cysten in derselben Erdmenge mit demselben Prozentanteil an vollen Cysten ist „mittel"-, ein Boden mit weniger als 60 Cysten schwach verseucht. Bei der Probenahme ist der Einfluß von Nestern durch die Anzahl der Einstiche auszuschalten.

Wir betrachten nunmehr die Wirksamkeit verschiedener Giftkörper. Einige bekannte Plasmagifte, die einen Maßstab für die weiter folgenden Körper mit spezifischer Wirkung abgeben, seien vorangestellt. Ammoniak ist bereits genannt. Es möge das von Duruz (s. Einl. p. 41) empfohlene Cyankali folgen.

Gegen Cyankali zeigten die Tiere eine verblüffende Widerstandsfähigkeit. Tabelle I, 37.

Die den Stoffwechsel hemmende, Fermente lähmende Wirkung des Cyankalis macht sich bis zu einer Verdünnung von 0,01% bemerkbar. Sie wird aber selbst bei ½% nach einer vorübergehenden Depression vollständig überwunden, so daß ein nach 10 Tagen angewendeter positiver Reiz zu merkbarer Wirkung kommt. Der vorliegende Befund bildet eine Parallele zu der Unempfindlichkeit der Ascariden gegen Blausäure (nach Strohl 1925)[65]).

0,001%iges Cyankali verursachte auch kaum mehr eine Momentandepression.

Sogar die Wirkung von 1%iger Blausäure wurde nach 10 Tagen überwunden. Tabelle I, 38.

Die Giftigkeit minimaler Mengen von Blausäure auf die Zelle beruht auf der Verdrängung der Aminosäuren von den eisenreichen Oxydationsorten der Zelloberfläche (Oppenheimer 1922)[66]). Der Tod durch Blausäure ist also nichts anderes als eine zelluläre Erstickung des Individuums. Der Befund, daß Heterodera Schachti gegen Blausäure unempfindlich ist, besagt, daß der Schädling gegen die Sistierung seiner Oxydationsvorgänge relativ resistent ist, d. h. er scheint ein sehr geringes obligatorisches Sauerstoffbedürfnis zu haben. Ich halte es nicht für angängig, die Unwirksamkeit der Blausäure etwa mit einem Eisenmangel der Zelle zu erklären; vielmehr scheint mir das geringe obligatorische Sauerstoffbedürfnis des Tieres in bester Übereinstimmung mit der verblüffend langen Lebensdauer der freien Larve zu stehen. Die Tatsache, daß das Tier auf Sauerstoffzufuhr scharf anspricht, steht hiermit nicht im Widerspruch.

Viel giftiger als Blausäure wirkte Hydroxylamin 0,05%. Dieser Körper dürfte eine festere Bindung mit dem Organismus eingegangen haben (vgl. Loew 1925)[67]). Tabelle I, 59.

Auch gegen Schwefelkohlenstoff zeigt sich der Schädling unerhört widerstandsfähig. Selbst 1% Schwefelkohlenstoff tötet die Tiere keineswegs momentan; sind die Tiere dem Gas allein ausgesetzt, nehmen sie gar keinen Schaden. Es muß nach obigen Versuchen befremdlich er-

---

[65]) Strohl p. 514, 1925.

[66]) Oppenheimer p. 299, 1922.

[67]) Loew p. 380, 1925.

scheinen, daß dieser Körper als wirksames Nematodicid empfohlen wird. (Hollrung 1923.)[68])

Schwefelkohlenstoff in verschiedenen Konzentrationen s. Tab. I, 40.

Schwefelkohlenstoff 3 mg auf 25 ccm Luft des Versuchsgefäßes ergab durchaus keine Giftwirkung. (I, 40.)

Tetrachlorkohlenstoff 0,01% wirkte nicht letal. Tab. I, 41.

Gänzlich wirkungslos blieben Antimonchlorit 0,025%, Kaliumchlorat 0,01%, Kaliumarsenat 0,025%, Kupfersulfat 0,1% und Kupfercarbonat 0,001%, Jodkalium von 0,025% und die in Wasser löslichen Spuren von metallischem Jod.

Ebenso verhielten sich Inulin, das im Erdversuch geprüfte Naphthalin und die praktisch unwichtigen Körper Methyläthylketon, Äthyläther und Pinacolin; s. Tab. 92, p. 87.

Für Salzsäure liegt die letale Dosis zwischen 0,01% absolut und 0,1%. 0,01% schädigte nur vorübergehend. Tab. I, 42.

Auf die freien Larven wirkte Salzsäure von 1% erst nach einer halben Stunde deutlich plasmolysierend. 0,1% HCl schien die freien Larven zunächst nicht zu belästigen. Erst nach 24 Stunden ließ sich Plasmolyse feststellen. 0,01% belästigte die Tiere auch nach zwei Tagen im Gegensatz zum Schlüpfversuch keineswegs. Der Versuch wurde in Feuchtkammerobjektträgern durchgeführt; er zeigt, daß die physiologische Reaktion des Schädlings mit Hilfe des Schlüpfversuches in viel exakterer Weise geprüft werden kann, als es Experimente mit der freien Larve möglich machen. Die Empfindlichkeit des Schädlings gegen Säure und Lauge liegt damit bei demselben Konzentrationsgrad. 0,1% Säure bzw. 0,09% Lauge töteten nach 24 Stunden freie Larven.

Gegen die Resorption und die damit verbundene Schädigung durch die im letzten Abschnitt genannten Körper zeigt sich der Wurm in sehr hohem Maße widerstandsfähig. Die kolloidchemische Zellstruktur der festgefügten Cuticula des Tieres scheint es unmöglich zu machen, durch Giftanwendung im Sinne der allgemeinen Zellzerstörung das Tier zu Grunde zu richten.

* * *

Im folgenden sollten verschiedene organische Körper mit besonderer Geruchs- und Geschmackswirkung geprüft werden. Buddenbrock[70]) sagt nämlich bezüglich des Geruches: „Die Tiere riechen alle Gerüche und nicht mehr Stoffe als der Mensch“ (Henning 1919), und bezüglich des Geschmackes: „Der vergleichende Physiologe kann kaum etwas anderes tun, als die Tiere mit solchen Stoffen zu prüfen, die erfahrungsgemäß für den Menschen einen ausgesprochenen Geschmack besitzen.“ So wurde die menschliche Sinneswahrnehmung bei der Auswahl eines Teiles der folgenden Körper als Kriterium mit herangezogen.

---

[68]) Hollrung p. 128, 1923.

[70]) Buddenbrock p. 144 u. 159, 1924.

Bitterstoffe blieben merkwürdigerweise unwirksam.

Das Alkaloid Chinin, ein universales Plasmagift, das den Stoffwechsel intrazellulär hemmt, blieb als Chininsulfat, 0,025%ig angewandt, wirkungslos.

Chininsulfat war, abgesehen von seinen giftigen Eigenschaften, wegen seines extrem bitteren Geschmackes in Betracht gezogen worden. Die schlüpfhindernde Wirkung des Quassiaholzes (s. p. 65) ließ das Vorhandensein der Geschmacksqualität „bitter" möglich erscheinen. In demselben Zusammenhang kam auch die Pikrinsäure zur Prüfung.

Pikrinsäure 0,025% wirkte leicht positiv.

Wir haben früher (p. 65) schon gesehen, daß von einer einheitlichen Geschmacksreaktion auf „bitter" nicht die Rede sein kann.

Der Pikrinsäure verwandt stand das Methylisopropylphenol, das für Kleinlebewesen stark giftige Thymol zur Prüfung.

Thymol 0,01% hatte keine Wirkung.

Es wurden sodann einige Alkohole geprüft. Amylalkohol 0,01% hatte keine Wirkung.

Isopropylalkohol 0,01% wirkte zunächst deprimierend, dann aber deutlich aktivierend auf die Tiere.

Metyhlalkohol hatte 0,01%ig keine Wirkung. (Vgl. Methylsulfat p. 79 und Dimethylanilin p. 84.)

Ferner kamen die Aldehyde Piperonal, Furfurol und Benzaldehyd zur Probe. Tab. I, 44—46.

Auch Valeraldehyd 0,01% wirkte leicht negativ.

Aldehyde haben durch ihre reduzierenden Eigenschaften auf das sauerstoffbedürftige Tier einen stark giftigen Einfluß. Im Boden ist es unmöglich, mit reduzierenden Substanzen zu arbeiten, da diese ihre giftigen Eigenschaften sehr schnell verlieren, indem sie mit dem Boden in Reaktion treten.

Die sodann geprüften aliphatischen Fettsäuren blieben nicht ohne Einfluß. Tab. I, 47—49.

Buttersäure und Isobuttersäure ergaben genau den gleichen Reaktionsverlauf einer gelinden Depression am zweiten und vierten Tage nach der Anwendung. Die verschiedene Molekularstruktur war also ohne Einfluß.

Die Tiere der mit Propionsäure gereizten Reihe (Tab. I, 48) machten einen kranken Eindruck. Die Reihe blieb dauernd hinter den Kontrollwerten zurück.

Caprylsäure bewirkt eine sehr merkliche Drückung der Schlüpfzahlen, wenn auch die Wirkung nicht letal ist. Tab. I, 49.

Zimmetsäure 0,01% blieb ohne Wirkung.

Allylsenföl, das vor einigen Estern genannt sein mag, war das wirksamste Nematodengift aller zur experimentellen Prüfung gelangten Stoffe. Für diesen Körper konnte die positive Reizschwelle nicht ermittelt werden.

Wahrscheinlich ist die positive Wirkungssphäre dieses Mittels verschwindend gering. Leider verbieten der Preis und die Flüchtigkeit des Körpers eine Nutzbarmachung der im Reaktionsgefäß gemachten Erfahrungen. Tab. I, 50.

In sämtlichen Versuchen mit Allylsenföl kam der Körper erst einen Tag nach der ersten Auszählung zur Anwendung. Dies erklärt die hohen Larvenzahlen nach der Reizung. Es ist bemerkenswert, daß in der angewendeten Konzentration kein anderer Körper eine ähnliche negative Wirkung erzeugte. Die Larven, welche am vierten und sechsten Tage nach der Reizung tot in dem Wohnwasser gefunden wurden, sind wahrscheinlich in diesen und ähnlichen Fällen durch die mechanische Behandlung der Cysten beim Wasserwechsel zum postmortalen Ausschlüpfen gekommen.

Es folgt eine Reihe von Estern (I, 51—55), die ihre Prüfungen ebenso wie die oben genannten Stoffe ihrer starken Geruchswirksamkeit verdanken. Stand es doch als Ziel stets vor Augen, einen Geruchskörper zu finden, welcher der Wirkung der richtenden Pflanzengerüche gleichkommen sollte.

Methylsulfat (Tab. I, 51) wirkte bedeutend stärker als Äthylsulfat (Tab. I, 52). Die Methylgruppe scheint eine gewisse Beziehung zu unserem Objekt zu haben (s. Dimethylanilin u.). Methylsulfat hatte aber im Erdversuch einen so schlechten therapeutischen Index, daß dies Mittel keine Beachtung verdient.

Buttersaures Äthyl und phthalsaures Äthyl hatten keinen Einfluß.

Die drei stark volatilen Ester, essigsaures Isobuthyl, valeriansaures Amyl und essigsaures Amyl, verdanken wohl ihre Giftigkeit dem jeweiligen Alkylrest. Tab. I, 53—56.

Methylsalicyl hatte trotz des starken, anhaftenden Geruches, der sich noch nach vier Tagen an den Gefäßen bemerkbar machte, durchaus keine Wirkung.

Von Estern hatte sich das Methylsulfat 0,01% stark negativ wirksam gezeigt. Die untereinander sehr ähnlich riechenden, auch chemisch-ähnlichen Ester Isobutylacetat, valeriansaures Amyl und essigsaures Amyl zeigten die gleiche Reaktion.

Indol, Merkaptan, Skatol, Isonitrile, Asa Foetida, Borneol, Acetamid, Fleischreste und Faeces wurden als mögliche Reizkörper auf Grund der Henningschen Auffassung der Geruchsperzeption und auf Grund der früher gemachten Erfahrungen Renschs[71]) (1924, l. c. Pflanzlicher Eiweißabbau) geprüft. Tab. I, 56—57.

Indol 0,1% wirkte tödlich.

Merkaptan 0,1% (I, 56) wirkt stark positiv. Die Steigerung der Kontrollreihe um 100% wird durch die Zunahme des Versuches um 1200% wesentlich übertroffen.

---

[71]) Rensch 1924, p. 412.

Skatol bewirkte nach leichter Drückung ein reichliches ausgleichendes Schlüpfen, dürfte daher in noch geringeren Mengen rein positiv wirken.

Die für den Menschen sehr widerwärtig riechenden, nicht ungiftigen Isonitrile des Toluols und des Phenols blieben ohne nachhaltigen Einfluß auf den Schädling. Das Gas wurde in der Weise angewendet, daß die Versuchsgefäße ohne Deckel unter einer Glasglocke standen, in der das Isonitril entwickelt wurde.

Die Gase wirkten vorübergehend stark schlüpfhemmend, aber nicht tödlich.

Das ebenso übel riechende ätherische Öl von Asa Foetida blieb erfolglos.

Borneol 0,1% aktivierte. Tab. I, 57.

Acetamid 0,01% hatte keine Wirkung.

Rindermist ca. 1%ig blieb ebenso erfolglos.

Rindfleisch wurde in Form von kleinen nicht mehr ganz frischen Fleischpartikeln dem Wohnwasser zugefügt. Auch dies blieb erfolglos, denn es scheint aus den Versuchen hervorzugehen, daß erst die späteren Abbaustufen des tierischen und pflanzlichen Eiweißabbaues eine Reizwirkung ausüben (Rensch 1924, Merkaptan, Skatol u. Mittel N 428 s. u.)

Wir kommen nunmehr zu einigen Steinkohlen- und Erdöldestillationsprodukten und deren Verbindungen.

Die hochsiedenden Steinkohlenteerdestillate (S. 360°) übten trotz ihrer auf die Schleimhäute unangenehmen Eigenschaften keinen Einfluß auf die Tiere aus.

Ichthyol 0,01% blieb wirkungslos.

Stark empfindlich waren die Tiere dagegen gegen das Präparat Anthrasolum, d. i. gereinigter Teer aus den weniger flüchtigen Teilen des Steinkohlen- und Wachholderteers. Tab. I, 58. —

Verschiedene Benzolverbindungen kamen sodann zur Prüfung.

Monochlorbenzol wirkte in einer Konzentration von 0,1% giftig. Tab. I, 59.

Monochlorbenzol 0,01% wirkte nicht mehr giftig. Tab. I, 59.

Brombenzol 0,01% (Tab. I, 60) verursachte eine momentane Depression, der alsbald ein ausgleichendes Schlüpfen folgte. Es ist möglich, daß der Körper in schwachen Dosen leicht positiv wirkt. Wir finden, wie schon oben gesagt wurde, in den meisten Fällen, in denen überhaupt Reaktion eines Körpers eintritt, in niedriger Konzentration (meist unter 0,01%) positive Wirkung, die dann (meist über 0,01%) in negativen Reaktionsverlauf umschlägt. (Vergl. p. 48.)

Ähnlich scheint Paradichlorbenzol zu wirken. Tab. I, 61.

Nitrobenzol wirkte auch nur vorübergehend negativ. Tab. I, 62.

Benzol selbst hatte in der angewendeten Menge vielleicht einen schwach positiven Erfolg. Tab. I, 63.

Thiophen erwies sich in seinen Wirkungen dem Benzol ähnlich. Zusst. I, 64.

Es liegt für die Benzolkörper eine Empfindlichkeit vor, deren hohe Reizschwelle diese Körper jedoch für die praktische Verwendung unbrauchbar macht.

Dennoch wurden aus theoretischen Rücksichten einige Erdversuche mit Monochlorbenzol, Nitrobenzol und Thiophen angestellt. Zusst. II, 81 bis 84.

Verschiedene Konzentrationen dieser Körper in 250 g Erde in Blumentöpfen angewendet hatten folgendes Ergebnis:

Während Monochlorbenzol und Thiophen von den Pflanzen leidlich ertragen wurde, zeigten Nitrobenzol und besonders Paradichlorbenzol einen so ungünstigen therapeutischen Index, daß das letztere Mittel sofort von weiteren Versuchen ausgeschlossen wurde. Auch die, mit 0,01 g Paradichlorbenzol behandelten Töpfe, zeigten eine völlige Vernichtung der Einsaat bei 200 g Erde. Die wirksame Konzentration dieser Stoffe liegt außerdem leider weit jenseits jeder Rentabilitätsgrenze.

Monochlorbenzol und Nitrobenzol wurden zusammen mit Allylsenföl in den von K ü h n angelegten Freilandnematodenkästen des Versuchsfeldes der Universität geprüft.

Diese Kästen haben eine Fläche von je 12,5 qm und sind einen Meter tief mit verseuchter Erde gefüllt; die Wände bestehen aus 1 m tief in den Boden eingelassenen Ziegelsteinmauern. Die fraglichen Bekämpfungsmittel wurden gleichzeitig mit der Saat in die Kästen gebracht und leicht untergeharkt. Die gleichmäßige Verteilung geschah mit Hilfe einer Gießkanne in wässriger Lösung. Während die mit Nitrobenzol behandelten Kästen einen schlechten Auflauf und deutliche Wachstumsschädigung zeigten (die Gabe entsprach 125 Ltr. je Morgen), zeichneten sich die mit Monochlorbenzol und Allylsenföl bedachten Rüben während der gesamten Vegetation durch besseres Aussehen vor den Kontrollkästen aus. Die Ernte in Normalrüben ergab (Tab. 90 p. 81).

Tabelle 90.

Einfluß zweier Nematodicide auf die Rübenernte.
Anwendung der Mittel gleichzeitig mit der Rübensaat in Kühns Nematodenfreilandkästen eingeeggt. Fläche = 12,5 qm.

Behandlung	Normal-rübengewicht	Ernteteigerung in % durch Behandlung mittl. Fehl. d. Mitt. i. %	
1. umbehandelt	= 279,5 g	m % = 0,6	0 % (2 Wiederholungen)
2. 1/4 Ltr. A.-Senföl . . .	= 327 g	m % = 2,5	17 % (2 „)
3. 1/2 Ltr. M. Chl. Benzol . .	= 339 g	o. Wh.	21 % (ohne „)

(mittlerer Fehler der Differenz von 1 und 2 = 1,08 %).

Allylsenföl kam demnach mit 50 Ltr. pro Morgen zur Anwendung und verursachte eine Ertragssteigerung von 17%. Monochlorbenzol mit 100 Ltr.

pro Morgen gab 21% Ertragssteigerung. Die letzte Zahl ist allerdings durch keine Wiederholung gesichert. Die zahlenmäßig festgestellte Verseuchung der Kästen kann keinesfalls für die Ertragsunterschiede verantwortlich gemacht werden. Im Gegenteil, war der mit Monochlorbenzol behandelte Kasten zu Anfang des Jahres durch eine stärkere Verseuchung benachteiligt.

Im Feldversuch, wo Senföl mit 25 Ltr. pro Morgen und Monochlorbenzol in der gleichen Menge zur Anwendung kam, versagten beide Mittel. Die angewandten Mengen waren also zu gering. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Zahlen der Schlüpfversuche, die ebenfalls eine geringe Wirksamkeit schwacher Konzentration der angewendeten Mittel zeigen. Es muß daher künftig zu Körpern gegriffen werden, die einen höheren Wirkungskoeffizenten aufweisen, um bei geringen Gaben einen Erfolg zu erzielen.

Die folgende Gruppe von Körpern läßt in eigenartiger Weise eine Erfüllung der Hoffnungen erwarten, die an die Auffindung eines nematodiziden Bodendesinfiziens geknüpft sind:

Immer noch auf der Suche nach geruchswirksamen Körpern und mit Rücksicht auf die Wirksamkeit von Merkaptan und Skatol kam als Produkt des tierischen Eiweißabbaues ein Teer der Kadaververwertung, das Mittel N 428 zur Anwendung. Tab. I, 66.

0,1%iges Mittel N 428 ist den Tieren unzuträglich. Wird aber durch mehrmaligen Wasserwechsel das Mittel stark verdünnt, so tritt Massenschlüpfen ein. Wahrscheinlich würde eine effektive Konzentration von 0,1% die Tiere töten. Da aber der Körper nahezu wasserunlöslich ist, kann man die wirksame Konzentration der gelösten Anteile nicht mit Bestimmtheit angeben.

In der vierfachen Verdünnung mit 0,025% ergab sich noch keine momentan positive Reaktion. Vielmehr mußte erst durch nochmaligen Wasserwechsel eine zuträgliche Verdünnung hergestellt werden, die dann ein Massenschlüpfen hervorrief. Tab. 66.

Mit der Konzentration von 0,025% scheint der Grenzwert getroffen zu sein, bei dem der negative Reiz in einen positiven umschlägt. 0,01% wirkte ebenfalls am 4ten und 6ten Tage nach zweimaligem Wasserwechsel stärker als bei der unmittelbaren Anwendung.

Erst 0,001% kam sofort nach der Anwendung zur vollen Auswirkung.

Ebenso ergab 0,0001% N 428 einen sofortigen positiven Ausschlag.

Eine unberührte Kontrollreihe stand in diesem Experiment nicht zur Verfügung. Der Versuch zeigt aber, daß sich die Schlüpfzahl bei einer Verdünnung des Mittels N 428 von 10^{-6} unmittelbar auf den Reiz hin scharf erhebt.

Um die Wirkung der bloßen Geruchspartikel des Körpers zu zeigen, wurden 3 mg des Mittels N 428 ohne Verbindung mit dem Wohnwasser im

Deckel des Gefäßes angebracht. Die zweite Reihe der letztgenannten Tabelle ist auf diese Weise gereizt. Die Reizanwendung ist durch einen punktierten Strich angedeutet.

Da es sich in keinem der obigen Fälle um eine vollständige Lösung des Reizkörpers im Wohnwasser handelt, ist es möglich, daß in allen Versuchen lediglich die suspendierten Korpuskeln des Körpers dem Schädling zugeführt wurden. Wir werden später bei der Besprechung der angestellten Topfversuche mit chemischen Körpern nochmals auf die volle physiologische Wirkung dieses interessanten Stoffes zurückkommen.

Wenn wir die Wirkung des Mittels N 428 zusammenfassend mit der des Rensch'schen Reizkörpers vergleichen, ergibt sich eine sehr starke Überlegenheit des ersteren Mittels.

1% des Rensch'schen Reizstoffes wirkte nicht stark giftig (Tab. I, 67), dagegen haben wir oben gesehen, daß 0,1% N 428 das Schlüpfen unterband.

0,1% des Rensch'schen Reizstoffes ist ebenfalls fast indifferent. Tab. I, 67.

Erst durch den einmaligen Wasserwechsel macht sich eine aktivierende Wirkung bemerkbar.

0,01% aktiviert allerdings momentan stark, während die optimale Wirkung von N 428 bei der 10fachen Verdünnung erst beginnt.

Bei 0,001% klingt die Wirkung des Rensch'schen Reizstoffes ab, während N 428 bei 0,0001% noch optimal wirkt.

Wenn es sich, wie unten gezeigt werden soll, als prinzipiell möglich erweist, mit Hilfe von Reizkörpern den Schädling zu vernichten, kommt diese Rolle vorläufig in erster Linie dem Mittel N 428 zu.

Zunächst seien die Versuche mitgeteilt, welche dazu dienten, die wirksamen Komponenten des Sammelkörpers N 428 festzustellen.

Die Hauptkomponente Pyrrol zeigte eine ähnliche Reaktion wie das Mittel N 428: Tab. I, 68.

Der Ausschlag durch 0,1% Pyrrol ist noch sehr deutlich positiv.

Auch hier zeigte sich die schwächere Konzentration von 0,01% überlegen.

Wir haben hiermit einen, dem durch N 428 verursachten Reiz beinahe gleichwertigen Ausschlag vor uns; die reizwirksamste Komponente des N 428 scheint damit festgestellt.

3 mg Pyrrol im Deckel des Versuchsgefäßes angebracht, zeigten sich ebenfalls stark positiv wirksam. Tab. I, 68.

Die Reihen des letzten Versuches sind in höherem Alter dem Reiz unterworfen worden, als z. B. die Reihen der vorhergehenden Tabelle, darum liegen die absoluten Zahlenwerte des Reizeffektes tiefer.

Als weitere Komponente von N 428 wurde Pyridin untersucht. Tab. I, 65.

Pyridin wirkt in derselben Versuchsanordnung wie N 428 oder Pyrrol positiv, reizt aber nicht so stark.

Auch die folgenden N 428-Komponenten Piperidin und Chinolin wurden geprüft:

Piperidin wirkte vorübergehend negativ auf die Tiere, wenn die Versuchsgefäße unter gemeinsamer Glasglocke mit dem Körper gehalten wurden.

Chinolin 0,01% zeigte sich wirkungslos.

Als weitere Gruppe der N 428-Bildner kamen von Nitrilen Benzonitril und Phenylacetonitril zur Prüfung. Tab. I, 69 und 70. Die Nitrile wurden unter einer Glasglocke entwickelt, unter welcher die Versuchsgefäße während der Zeit der Reizanwendung Platz fanden.

Gegen den zweiten Körper liegt eine geringe Empfindlichkeit vor.

Endlich führte die Betrachtung der N 428-Komponenten zu Anilin. Tab. I, 71.

In dieser Konzentration (0,01%ig) wirkte Anilin aktivierend.

Sehr auffällig verhielten sich Dimethyl- und Diaethylanilin. Beide mit 3 mg im Deckel des Versuchsgefäßes angebracht ergaben: Tab. I, 72.

Während also Dimethylanilin letal wirkte, hatte das chemisch recht ähnliche Diaethylanilin gar keine Wirkung. Tab. I, 73 zeigt Dimethylanilin im Vergleich mit Schwefelkohlenstoff.

Der Versuch zeigt, daß bei zweitägiger Einwirkung die letale Dosis für Dimethylanilin bei 0,01% liegt. Für CS_2 wurde auch bei der 10fachen Menge eine gleichwertige Reaktion nicht erzielt.

Wir haben also hier einen Körper vor uns, der eine spezifische Giftwirkung auf den Schädling besitzt.

Der Methylgruppe scheint eine besondere Wirksamkeit zuzukommen. Der Befund bildet eine Parallele zu der bekannten Schädlichkeit von Methylalkohol in Gegensatz zu Äthylalkohol.

Eine chemische Erklärung der Ergebnisse ist schlechterdings unmöglich. Gemeinsam ist den wirksamen Körpern des letzten Abschnittes ihre Riechbarkeit; außerdem handelt es sich größtenteils um additionsfähige Verbindungen. Biologisch scheinen die Ergebnisse für die Richtigkeit des Satzes zu sprechen, daß die Geruchswahrnehmungen bei Mensch und Tier qualitativ an dieselben Objekte gebunden sind: Mit Einschränkungen bezüglich der Schwellenwerte „riechen die Tiere alle Gerüche und nicht mehr Stoffe als der Mensch“[72]) (Henning 1919).

Um dem physiologisch wirksamen Prinzip der erregenden Wirkung des N 428 näher zu kommen, wurde der Körper seiner adsorptiv wirksamen Bestandteile durch Tierkohle in ätherischer Lösung beraubt und dann als Reizmittel verwendet: Tab. I, 74.

---

[72]) nach Buddenbrock p. 144, 1924.

N 428 hatte dadurch seine Wirkung nicht verloren. Die adsorptiv wirksamen, durch Tierkohle entfernbaren Anteile des Körpers, sind also nicht für die Reaktion verantwortlich.

Außerdem zeigte sich Lipoidlöslichkeit für den Körper: Olivenöl wurde mit N 428 versetzt. Eine sichtbare Lösung trat nicht ein. Vielmehr blieb das N 428 als Klumpen am Grunde des Reagenzglases liegen. Nun wurde das Olivenöl abgefiltert und als Reizkörper verwendet. Tab. I, 75.

Es scheinen demnach Spuren von N 428 in dem verwendeten Olivenöl vorhanden gewesen zu sein, die eine Reizwirkung ausübten.

Nach Freundlich[73]) 1923 ist die Lipoidlöslichkeit lediglich eine symbate Eigenschaft, nicht aber die Bedingung für Oberflächenaktivität, die als Ursache der Reaktion vermutet werden kann.

Über das Prinzip der Reizwirkung können wir nur aussagen, daß die adsorptiven durch Behandlung mit Tierkohle ausschaltbaren Eigenschaften des Körpers nicht für die Reaktion verantwortlich waren, und daß Lipoidlöslichkeit besteht. Es bleibt unentschieden, ob Lösung im chemischen Sinne oder Suspension des Reizmittels im vermittelnden Medium, ob Lösung oder Adsorption des Körpers in der empfindenden Zelle die Reaktion hervorriefen.

Nachdem es gelungen war, mehrere chemische Körper mit erregender Wirksamkeit zu finden, lag es nahe, die richtende Reizwirkung dieser Stoffe zu erproben. Es gelang in keinem einzigen Fall durch chemische, positiv reizwirksame Agenzien die zielstrebige Lokomotiven des Schädlings zu beeinflussen. Petrischalen mit Agar wurden, wie auf p. 71 beschrieben ist, mit Larven infiziert. Von zwei so behandelten Agarplatten erhielt die eine an ihrem Rande einen winzigen Tropfen N 428. In dieser Schale waren am Tage nach der Infektion alle Larven in rühriger Bewegung. Die Tiere hatten die ursprüngliche Infektionsstelle verlassen und bewegten sich auf der ganzen Fläche lebhaft umher. Nur ein Halbkreis von 2 cm, mit dem Reizstofftropfen als Mittelpunkt, war frei von Larven. Diese Zone war augenscheinlich für die Tiere unzuträglich. In der Kontrollschale war keine der Larven über die ursprüngliche Infektionsstelle hinausgekrochen. Von einer etwa zu erwartenden Ansammlung der Tiere der behandelten Schale in einer bestimmten Zone war keine Rede.

Ebenso erfolglos verliefen die Versuche, Larven in langen Blumenkästen und im Freiland mit chemischen Reizstoffen zu ködern. Es konnte zwar in Kasten und Freiland in verseuchter Erde eine Ausstrahlung der Aktivierungsreize festgestellt werden: Nach der Unterbringung von Reizpunkten in verseuchter Erde ließen sich nach Ablauf von 14 Tagen in wachsenden Entfernungen von 15—50 cm von der Reizquelle absteigende Larvenzahlen feststellen; aber der Versuch, den Schädling von seiner Wirtspflanze durch reihenweise Reizmittelanwendung wegzulocken, blieb völlig erfolglos, führte sogar durchgehend zum Mehrbefall der zu schützenden

[73]) Freundlich 1923, p. 1030.

Saaten. Genau in demselben Sinne wirkten merkwürdiger Weise Zwischensaaten von Lockpflanzen. Rübsenzwischensaaten wurden im Frühjahr 1924 an verschiedenen Stellen der Provinz in der Weise ausgeführt, daß zwischen je 2 auf 50 cm Entfernung gesäte Rübendrillreihen eine Rübsenreihe in 25 cm Entfernung von den Rübenreihen gedrillt wurde, so daß Rüben und Rübsenreihen in 25 cm Entfernung aufeinander folgten. Der Rübsen wurde 14 Tage nach dem Auflaufen nach mikroskopischer Kontrolluntersuchung auf sessile Larvenformen durch die Hackmaschine vernichtet.

Die Probenahme von Rübenpflänzchen erfolgte zur selben Zeit. Tab. 91 zeigt den merkwürdigen Erfolg der Zwischensaaten.

Tabelle 91.

Einfluß von Rübsenzwischensaaten
auf den Befall von jungen Zuckerrübenpflanzen im Feldversuch.

Datum der Probenahme	Name des Versuchsgutes	Anzahl der in einen Rübenkeimling eingewanderten Larven, aus dem Durchschnitt v. 15-20 Pflanzen errechnet	
		Rüben mit Fangpflanzen	Rüben ohne Fangpflanzen
27. V.	Edderitz	8,1	4,8
13. VI.	„	20,7	10,2
26. V.	Körbisdorf	12,2	8,9
25. V.	Fienstedt	7,8	0,9
25. V.	Benkendorf	10,4	7,7
22. V.	Versuchsfeld Halle (schwache Verseuchung)	0,7	0,9

Wir sehen also, daß die Zwischensaat von Fangpflanzen in Rübenfeldern sogar schädlich wirkte.

Es ist leicht erklärlich, daß der chemische Reizkörper, der jeweils in der Mitte zwischen zwei Rübenreihen als Reizreihe gegeben wurde, viele Tiere erweckte, welche die behandelten Rübenreihen befielen, da ja ein richtender Reiz nur von den Pflanzen ausging. Daß aber Zwischensaat von Rübsen in Rübenfeldern stets zu einem Mehrbefall der behandelten Rübenparzellen führte, beweist, daß der richtende Reiz der Rübsenpflanze nicht stark genug war, um die aufgeweckten Tiere an den Rübenpflanzen vorbei auf sich zu locken. D. h., die erregenden Reize der beiden Pflanzenarten haben sich summiert, während die richtenden Reize miteinander interferierten.

Die untersuchten chemischen Reizkörper seien in der folgenden Tabelle aufgenommen. Es sind darin auch die von Rensch 1923 und 1924 zur Prüfung gezogenen Körper erwähnt. Für die freundliche Erlaubnis zur Nennung seiner Forschungsergebnisse sei Herrn Dr. Rensch an dieser Stelle besonders gedankt. Tab. 92.

Tabelle 92.

Liste der erprobten chemischen Körper und deren Wirkung auf das Ausschlüpfen von Larven aus 200 Cysten bei 25° in 10 ccm destilliertem Wasser in Wägegläschen gehalten.

(R. bedeutet nach Rensch)

Name des Mittels	Konzentration	Wirkungsweise bei 2tägiger Wirkungsdauer	Seite	Tabelle Nr.
Acetamid	0.01 %	indifferent	79	—
Aethylaether	gas	indifferent	77	—
R. Aethylamin	0.025 %	schwach positiv	—	—
Aethylsulfat	0.01 %	schwach negativ	79	I.51
R. Alanin	0.01 %	positiv	—	—
Allylsenföl	0.001 %	negativ. ⟩tödlich	78	I.50
Ammoniak	0.1 %	tötet	72	I.34
	0.01 %	schwach positiv	—	—
R Amonnitrat	0.025 %	positiv	—	—
Ammonsulfatsalpeter	0.025 %	indifferent	72	—
Amylacetat	0.01 %	indifferent	—	I.55
	0.1 %	tödlich	79	I.55
	0.001 %	positiv	—	—
Amylalkohol	0.01 %	indifferent	78	—
R. Amylnitrit	0.025 %	indifferent	—	—
Anilin	0.01 %	positiv	84	I.71
Anthrasolum	0.01 %	negativ	80	I.58
	0.1 %	tödlich	—	—
Antimonchlorid	0.025 %	indifferent	77	—
Asa foetida	0.01 %	indifferent	79	—
R. Baldriansäure	0.0025 %	schwach positiv	—	—
Benzaldehyd	0.01 %	tödlich	78	I.46
Benzonitril	gas	schwach positiv	84	I.69
Benzol	0.01 %	indifferent	80	I.63
Blausäure	1 %	tödlich	76	I.38
	0.25 %	indifferent	—	—
R. Bleinitrat	0.01 %	indifferent	—	—
Borneol	0.1 %	positiv	79	I.57
Brombenzol	0.01 %	indifferent (erst negativ dann positiv)	80	I.60
Buttersäure	0.1 %	negativ	78	I.47
Buttersaures Aethyl	0.01 %	indifferent	79	—
R. Buthylalkohol	0.01 %	schwach positiv	—	—
Caprylsäure	0.025 %	schwach negativ	78	I.49
Chilesalpeter	0.025 %	positiv	72	I.33
Chininsulfat	0.025 %	indifferent	78	—
Chinolin	0.01 %	indifferent	84	—
R. Citronensäure	0.0025 %	schwach pos.	—	—
Cyankali	0.5% u. ⟨0.5%	nicht tödlich	76	I.37
R. Dextrose	0.1 %	indifferent	—	—
	0.025 %	indifferent	—	—
R. Diphenylsulfoxyd	0.025 %	schwach negativ	—	—
Diaethylanilin	gasförmig	schwach negativ	84	I.72
Dimethylanilin	0.01 %	tödlich	84	I.72

Fortsetzung von Tabelle 92.

Name des Mittels	Konzentration	Wirkungsweise bei 2tägiger Wirkungsdauer	Seite	Tabelle Nr.
R. Essigsäure	0.0025 %	indifferent	—	—
Essigsaures Isobuthyl	0.01 %	schwach negativ	79	I.53
Faeces: Rindermist	1 %	indifferent	79	—
Fleischreste: Rindfleisch	1 %	indifferent	79	—
Furfurol	0.03 %	tödlich	78	I.45
R. Glyzerin	0.0025 %	indifferent	—	—
R. Guanidincarbonat	0.02 %	schwach positiv	—	—
R. Halbcyanid der Phenylessigsäure	0.1 %	indifferent	—	—
R. Harnstoff	0.025 %	positiv	—	—
Hydroxylamin	0.05 %	tödlich	76	I.39
Ichthyol	0.01 %	indifferent	80	—
Indol	0.1 %	tödlich	79	—
Inulin	0.1 %	indifferent	77	—
Jod, wasserlösl. Spuren	—	indifferent	77	—
Jodkalium	0.025 %	indifferent	77	—
Isobuttersäure	0.1 %	schwach negativ	78	I.47
Isonitril des Toluols	gas	schwach negativ	80	—
Isonitril des Phenols	gas	schwach negativ	80	—
Isopropylalkohol	0.01 %	erst neg. dann pos.	78	I.43
Kainit	0.04 %	schwach positiv	75	—
Kalkstickstoff	0.025 %	indifferent	75	—
Kalilauge	0.03 %	tödlich	74	I.36
	0.01—0.001 %	schwach positiv	—	—
Kaliumarsenat	0.025 %	indifferent	77	—
Kaliumchlorat	0.01 %	indifferent	77	—
R. Kresol	0.0025 %	indifferent u. positiv	—	—
Kupferkarbonat	0.001 %	indifferent	77	—
Kupfersulfat	0.1 %	indifferent	77	—
R. Lävulose	0.025 %	indifferent	—	—
R. Mannit	0.025 %	indifferent	—	—
Merkaptan	0.1 %	positiv	79	I.56
Methylaethylketon	0.03 %	indifferent	77	—
Methylalkohol	0.01 %	indifferent	78	—
Methylsalicyl	0.01 %	indifferent	79	—
Methylsulfat	0.01 %	tötet	79	I.51
R. Milchsäure	0.025 %	indifferent u. positiv	—	—
Monochlorbenzol	0.1 %	tödlich	80	I.59
	0.01 %	positiv	—	—
N 428	0.01—10^{-4} %	sehr stark positiv	82	I.66
N 428	0.1 %	negativ	82	I.74 u. 75
Nitrobenzol	0.01 %	negativ dann positiv	80	I.62
Naphthalin i. Erdversuch	—	indifferent	77	—
R. Oxalsäure	0.0025 %	schwach positiv	—	—
Paradichlorbenzol	0.01 %	negativ dann positiv	80	I.61
R. Phenol	0.025 %	schwach positiv	—	—
Phenylacetonitril	gas	tödlich	84	I.70
Phthalsaures Aethyl	0.01 %	indifferent	79	—

Fortsetzung von Tabelle 92.

Name des Mittels	Konzentration	Wirkungsweise bei 2tägiger Wirkungsdauer	Seite	Tabelle Nr.
Pikrinsäure	0.025 %	positiv	78	—
Pinacolin	0.01 %	indifferent	77	—
Piperidin	gas	schwach negativ	84	—
Piperonal	0.025 %	negativ	78	I.44
Propionsäure	0.01 %	negativ	78	I.48
Pyridin	gasförmig	positiv	84	I.65
Pyrrol	$<$ 0.01 %	sehr stark positiv	83	I.68
Ringersche Lösung . .	—	indifferent	60	I.15
Reizstoff Dr. Rensch .	0.1—0.001 %	stark positiv	83	I.67
Salzsäure	$>$ 0.01 %	negativ	77	I.42
Schwefelkohlenstoff .	0.1 %	schwach negativ	76	I.40
	1 %	tödlich	—	—
Schwefels. Ammoniak .	0.025 %	indifferent	72	—
Skatol	0.001 %	positiv	79	—
Steinkohlenteerdestillat S. g. $>$ 360°	0.01 %	indifferent	80	—
Tetrachlorkohlenstoff .	0.01 %	negativ	77	I.41
Thiophen	0.2 %	stark negativ	81	I.64
	0.01 %	indifferent	—	—
R. Thiophenol- p. amidobenzoesäure	0.025 %	schwach negativ	—	—
Thymol	0.01 %	indifferent	78	—
R. Trimethylamin . . .	0.025 %	schwach negativ	—	—
R. Tyrosin	0.02 %	schwach positiv	—	—
Valeraldehyd	0.01 %	negativ	78	—
Valeriansaures Amyl .	gasförmig	negativ	79	I.54
Wasserstoffsuperoxyd .	0.01 %	positiv	72	I.32
	0.1 u. 0.001 %	indifferent	—	—
Zimmetsäure	0.01 %	indifferent	78	—

Die in obiger Liste enthaltenen wirksamen chemischen Reizkörper lassen sich in Gruppen zusammenstellen, an Hand derer eine wenigstens teilweise Erklärung der Resultate möglich ist. Die Richtung des Reaktionsverlaufes ist in der folgenden Betrachtung nicht so sehr in Betracht gezogen wie dessen Intensität. Während die Reaktionsrichtung sich bei den meisten Körpern bei verschiedener Konzentration ändert, ist es die Intensität der Reaktion, die uns über die nähere oder geringere Beziehung eines Körpers zum Organismus Kunde gibt.

Die umfangreichste Klasse von Reizmitteln bildet die der Ammoniaksalze und Ammoniaksubstituenten.

Da die Wirkung von Ammoniak der von Kalilauge parallel ging, konnte keine spezifische Wirkung des Ammoniums erwiesen werden. Die Wirkung von Ammonnitrat ist chemisch unerklärlich, da Rensch auch keine generelle Wirksamkeit der Nitrate finden konnte. Bei den Ammoniakderivaten steigt die Wirksamkeit mit der Substitution: Hydroxylamin

0,05% wirkt tödlich, Harnstoff 0,025% wirkt mäßig positiv, Guanidinkarbonat 0,02% ebenso Trimethylamin 0,025% wirkt schwach negativ, Äthylamin 0,025% schwach positiv, Anilin mit 0,01 % wirkt stark positiv, Alanin 0,01% ebenso, Dimethylanilin endlich mit 0,01% negativ. Chilesalpeter wirkt möglicherweise durch seinen Gehalt an jodsauren Salzen als Sauerstoffüberträger. Daß Sauerstoffzufuhr (Wasserstoffsuperoxyd 0,01%) positiv wirkt, ist nicht verwunderlich.

Die rein giftige Wirkung von Benzaldehyd, Formaldehyd, Furfurol und Piperonal beruht vermutlich auf der reduzierenden Wirkung dieser Aldehyde.

Ebenso sind wohl für die negativen Wirkungen der stark geruchswirksamen Ester: Amylacetat 0,1% tödlich, Isobuthylacetat 0,01% schwach negativ wirksam, Äthylsulfat 0,01% schwach und Methylsulfat 0,01% stark negativ wirksam, die giftigen Alkylreste verantwortlich. Die Giftigkeit der niedrigen Alkyle ist größer als die der höheren.

Die hochmolekularen Fettsäuren, Propionsäure 0,01%, Buttersäure und Isobuttersäure 0,1% und Caprylsäure 0,025% wirkten alle schwach negativ.

Die mehrbasischen und mehratomigen Säuren, Oxalsäure 0,0025%, Milchsäure 0,025% und Citronensäure 0,0025% wirkten leicht positiv.

Von Thioalkoholen und Thioäthern wirkte positiv Merkaptan 0,1%, negativ Diphenylsulfoxyd 0,025%.

Senföl, Nitrile und Isonitrile mögen zusammengefaßt sein. Allylsenföl verdankt seine sehr starke Giftigkeit, die bis auf 0,001% herabgeht, wohl dem ungesättigten Allylrest. Hierfür spricht die 1914 von Molz gefundene Giftwirkung des Allylalkohols Nitrile wirkten nicht. Isonitrile des Toluols und Phenols als Gase wirkten schwach negativ.

Stickstoffhaltige, technisch hergestellte Produkte nicht völlig bekannter Zusammensetzung waren das hochwirksame N 428 mit positiver Reaktion bei $<$ 0,01% und das bei 0,01% schwach giftige Anthrasolum.

Während Benzol selbst bei 0,01% nicht wirkte, zeigten seine Substitutionsprodukte, bei denen der negative Charakter des Benzols verstärkt ist, einen Anschlag. Monochlorbenzol war bei 0,1% giftig, ebenso Nitrobenzol. Thiophenol-p.-amidobenzoesäure war bei 0,025% giftig, Paradichlorbenzol unter 0,01% wurde positiv wirksam, Pikrinsäure und Phenol zeigten sich bei 0,025% positiv wirksam, Kresol war bei 0,0025% aktivierend.

Gänzlich unerklärlich bleibt die starke Wirkung stickstoffhaltiger Fünf- und Sechsringe: Piperidin als Gas negativ, Pyrrol und Pyridin in minimalen Mengen stark positiv wirksam.

Die chemisch vergleichende Betrachtung gibt uns zwar die Möglichkeit an die Hand, durch gewisse Analogien einige grobphysiologische Reaktionen zu verstehen. Sie läßt uns aber völlig im dunkeln in den Fällen, wo es sich um ganz spezifische Reaktionen handelt wie z. B. bei Pyrrol und

seiner Muttersubstanz, dem N 428, dessen Wirkung an den oligodynamischen Effekt der Schwermetallsalze auf Pflanzen erinnert.

Mit allen wirksamen chemischen Körpern wurden Topfversuche durchgeführt. Einige von diesen sind schon genannt (p. 44). Besonderes Interesse verlangen aber die Versuche mit Dimethylanilin und N 428 (Zusst. II, 85 und 87). Die meisten Versuche führten zu einem negativen Resultat, indem die wirksamen Körper gleichzeitig Pflanzengifte waren — wie Methylsulfat Paradichlorbenzol, Nitrobenzol und Anthrasolum- oder wie Monochlorbenzol, Allylsenföl und Anilin —, erst in unwirtschaftlich hohen Konzentrationen wirkten.

In Töpfen mit 350 g verseuchter Erde wurde 0,35 g „Gift" untergebracht, einen Tag später erfolgte eine Rübseneinsaat, die nach 8 Tagen kontrolliert wurde. Tab. II, 85.

Anthrasolum wirkte nicht so gut und schädigte die Pflanzen. Tab. II, 86.

Der Befall wurde von einer Reihe von Körpern in der obigen Anwendung gedrückt, meist verlor sich indes die Wirkung des Giftes nach einigen Wochen, so daß dann die behandelten Töpfe denselben Befall zeigten, wie die Kontrollgefäße. In diesem Sinne wirkten:

Allylsenföl,	Ichthyol,
Amylacetat,	Piperidin,
Benzaldehyd,	Natriumformiat,
Furfurol,	Senfsamen, gequetscht,

Valeriansaures Amyl.

Ammoniak und Schwefelkohlenstoff blieben aber in den verwendeten Mengen erfolglos.

Ganz anders wirkte das Mittel N 428 in derselben Erdmenge wie oben: Versuch bei 16—21° durchgeführt. Tab. II, 87.

N 428 beginnt nach 4 Wochen desinfizierend zu wirken.

Ähnliches berichtet Rensch (mündlich) von Gefäßversuchen mit seinem Reizkörper. Der Reaktionsverlauf ist dem gewöhnlicher Gifte entgegengesetzt. Während deren Wirkung einige Zeit nach der Anwendung abklingt, macht sich N 428 im Anfang des Versuches stark befallvermehrend, gegen Versuchsende aber desinfizierend bemerkbar.

Wir haben hier den Fall vor uns, daß ein dauerhaft wirksamer, stark positiver Reiz zur Vernichtung des Organismus führt.

Die obigen Topfversuche sind mit verhältnismäßig hohen Gaben durchgeführt, dennoch läßt sich auch von viel geringeren Stoffmengen die gleiche Reaktion erwarten, da fast jede noch meßbare Menge des Mittels N 428 von Wirkung auf den Schädling ist. Die wirksamen Bestandteile des N 428, die Pyrrol- und Pyridinanteile sind keineswegs unbeständige Verbindungen. Im Erdboden sind sie also nicht dem sofortigen Zerfall preisgegeben.

Es bleibt uns noch die Besprechung eines von Rensch 1924 angelegten Feldversuches, dessen Ergebnis im selben Sinne wie die obigen Ex-

perimente gedeutet werden kann. Es ist daran zu erinnern, daß der ursprüngliche Gedanke der Aktivierungsmethode mit chemischen Reizmitteln dahin ging, die Cysten des Tieres zu entleeren. Die Larven sollten zu einer Zeit ins Freie gelockt werden, zu der sie keine Nahrung finden, und darum verhungern sollten.

Die Kontrolle der seit dem Frühjahr 1924 laufenden Feldversuche mit dem von Rensch gefundenen, durch die Chemische Fabrik auf Aktien vorm. Schering hergestellten, Aktivierungskörper führte zu folgendem Befund: Der Einfluß des Reizmittels auf die Cysten der behandelten Parzellen war nicht so groß, als daß er durch die Zählung der vollen und leeren Cysten der behandelten Parzellen vor und nach der Reizanwendung hätte festgestellt werden können. Es ließ sich nicht zeigen, daß die absolute Zahl voller Cysten durch die Behandlung abgenommen hatte. Es wurde darum die Möglichkeit in Erwägung gezogen, daß jede volle Einzelcyste der behandelten Parzellen doch in ihrem prozentischen Füllungsgrad einen Abfall gegenüber den Cysten der unbehandelten Parzellen aufweisen könne. Daher wurde ähnlich, wie in der oben zitierten Arbeit von Thorne, bei der Auszählung der, von den Parzellen genommenen Bodenproben, jede volle Cyste auf dem Mikrometerraster nach absolutem und prozentischem Inhalt geschätzt und notiert. Aber auch auf diese Weise konnte keine sichtbare Wirkung des Aktivierungskörpers festgestellt werden.

Dennoch ergab ein Feldversuch (Tab. 93), der auf Weizenstoppel im August 1924 eine Reizstoffgabe von 12,5 Ztr. 20% Kieselgurreizstoffadsorbat pro Morgen erhalten hatte, eine durch dreifache Wiederholung gesicherte 7%ige Ertragssteigerung (mittlerer Fehler der Differenz = 1,8%). Wenn man von der minimalen Düngewirkung des Kieselgurs absieht, ist die Ertragserhöhung sicherlich durch den Reizkörper verursacht. Schon 1924 erwähnt Rensch, daß der Rübsenbefall in Blumentöpfen, die mit seinem Reizkörper versehen waren, bald nach der Aufbringung des letzteren die Kontrollwerte überschritt, nach einigen Wochen dagegen merklich hinter diesen zurückblieb. Rensch meinte 1924 (l. c.), daß durch seinen Reizkörper nach einiger Zeit im Boden eine (taktische) Verwirrung der Nematoden stattfände, „da sich der Reizstoff überall im Boden befindet".

Tabelle 93.

Erntezahlen in g Normalrübengewicht v. einem Feldversuch mit Reizstoffadsorbat „Dr. Rensch" 12,5 Ztr. pro Morgen im August vor der Rübenbestellung auf Weizenstoppel untergeschält.

Parzellenernte in Normalrübengewicht behandelt	A	B	Parzellenernte in Normalrübengewicht unbehandelt
	251	236	
	257	239	
	244	230	
Mittel = 251 g ± 3.8 g m % = 1.5		Mittel = 235 g ± 2.6 g m % = 1.2	

A = B + 7% ± 1.8%

Die Gefäßversuche mit N 428 und vor allem der Umstand, daß richtende Reize überhaupt niemals ausgeübt wurden, lassen als einzige Erklärung jene restlose Erschöpfung des Schädlings durch den dauernden Erregungsreiz zu.

Für die praktische Bekämpfung ergibt sich damit die vorläufig noch theoretische Möglichkeit, den Rübennematoden Heterodera Schachti durch Hyperaktivierung anzugreifen.

Man muß sich darüber klar sein, daß die Mächtigkeit des Bodens, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Erde und nicht zuletzt die relativ zum Experiment niedrigen Temperaturen des Ackers[74]) einem Erfolg entgegenstehen. Die niedrigen Temperaturen können den Reaktionsverlauf aber lediglich verlangsamen, nicht unterbinden. Der Mächtigkeit des Bodens steht der hohe Wirkungskoeffizient des Reizkörpers gegenüber.

N 428 muß seine Brauchbarkeit zunächst im Feldversuch erweisen. Die Anwendung hat in der warmen Jahreszeit 1 Jahr vor dem Rübenanbau zu erfolgen. Auch die Aufbringung im zeitigen Frühjahr vor der Rübenbestellung ist zu erwägen. Der Körper ist mindestens unterzuschälen, um ihn den atmosphärischen Einflüssen zu entziehen. N 428 kann an Sägemehl adsorbiert auf den Acker gebracht werden.

Die aufzubringenden Mengen sind durch den Preis des Körpers vorgezeichnet. 50 kg pro Morgen kosten nach dem Merck'schen Kleinhandelspreis Mk. 20.—. Diese Menge bedeutet auf 50 cm Bodentiefe einen Anteil von $^1/_{37\,500}$ des Bodens. Wir haben dann immer noch eine gewisse Wirkungsbreite des Mittels zur Verfügung, die ja bis zu ein Millionstel Anteil in Wasser herabging. Versuche sind selbstredend mit gestaffelten Mengen vorzunehmen, um zunächst um jeden Preis die theoretische Brauchbarkeit oder Unbrauchbarkeit der Methode zu erweisen.

Die Zusammenfassung der Ergebnisse vorliegender Arbeit lautet:

1. Die Larven schlüpfen bei Temperaturen unter 18° in solchen Mengen aus den Cysten, daß der Behauptung Baunackes, das Sprengen der Eihüllen geschehe erst bei 18°, nicht zugestimmt werden kann.
2. Das Ausschlüpfen der Tiere aus den Cysten folgt nicht einem Wärmesummengesetz, sondern der biologischen Modifikation der R. G. T. Regel van't Hoffs.
3. Zur Prüfung der Lebensdauer der freien Larve wurden Blumentöpfe mit sterilisierter Erde mit Larven infiziert. Acht Tage nach der Infektion ließen sich ca. 10% der ausgesetzten Tiere in Fangpflanzen wiederfinden. Ein Jahr nach der Infektion konnten noch 3,8% der ausgesetzten Tiere festgestellt werden. Einzelne Tiere dürften daher imstande sein, 2 Jahre lang ohne Nahrung zu leben.

---

[74]) Nur im Juni, Juli und August liegen die Erdtemperaturen bis auf 50 cm Tiefe zwischen 15 und 20°.

Experimentelle Bedingungen werden dafür verantwortlich gemacht, daß auch bei Versuchsbeginn 90% der ausgesetzten Larven nicht zur Wiederfeststellung gelangten.

Die Temperaturen der Versuche lagen im Winter ca. 10°, im Sommer ca. 4° höher als die Temperaturen des Freilandes.

4. Der Reiz, der von Wirtspflanzen ausgeht und die Larven zum Ausschlüpfen aus den Cysten veranlaßt, wird durch den Geruch der ganzen Pflanze verursacht, er ist nicht, wie Baunacke meint, an die wasserlöslichen Wurzelsekrete gebunden.
5. Mais und Luzerne locken den Schädling, ähnlich wie Roggen und Cichorie, an, ohne ihm Nahrung zu gewähren.
6. Es scheint unmöglich, durch Unterflügen irgendwelcher Pflanzen verschiedenster Art den Schädling zu beeinträchtigen.
7. Es ist gelungen, chemische Körper zu finden, die in viel schwächeren Konzentrationen als die bisher üblichen Nematodizide tödlich wirken. Mit solchen Mitteln gelang es, in Freilandkästen die Rübenernte in verseuchten Böden um 20% zu steigern. (Allylsenföl, Dimethylanilin u. a.)
8. Für die meisten zur Prüfung gelangten Agenzien konnte die Gültigkeit der Arndt-Schulz'schen Regel, der Änderung des Reaktionssinnes bei Änderung der Reizintensität festgestellt werden. Die jeweilige Spanne des Wirkungssinnes war sehr verschieden: Wie die unter 7 genannten Reizmittel in großer Konzentrationsbreite negativen Reizerfolg zeitigten, so wurden andere Körper gefunden, die in noch größerer Wirkungsbreite excitativ wirksam waren. (N 428, Pyrrol u. a., s. Tab. 92.) Richtende Reize konnten durch technisch hergestellte Chemikalien nicht ausgeübt werden.
9. Es ist im Gefäßversuch gelungen, sowohl durch negativ reizwirksame Substanzen, wie auch durch Dauerwirkung excitativer Aktivierungskörper die Lebensäußerungen des Schädlings auf den Nullpunkt herabzudrücken.
10. Im Feldversuch konnte eine Cystenentleerung im Sinne der Aktivierungsmethode Baunackes durch den Rensch'schen Reizkörper nicht festgestellt werden.
11. Im Sommer vor der Rübenbestellung angewendet, brachte aber der Rensch'sche Reizkörper eine Ertragssteigerung der Rübenernte. Da eine Cystenentleerung nicht stattfand, ist der Befund durch die nematodizide Wirkung nachhaltig positiver Reize zu erklären.
12. Es erscheint möglich, durch die sachgemäße Anwendung stark positiv reizwirksamer Körper eine wirtschaftliche Bekämpfung von Heterodera Schachti durchzuführen.

Auch die Anwendbarkeit von spezifischen, rein negativ wirksamen Körpern ist durch die vorliegende Arbeit in größere Nähe gerückt.

Taktische Reize konnten durch technische Produkte nicht erzielt werden.

Es soll am Schluß der Arbeit andeutungsweise erwähnt werden, daß vergebliche Samenbeizversuche zur Durchführung kamen, daß Larven einer Cyste bisher vergeblich mit Pflanzen verschiedener Art geködert wurden, daß, wie zu erwarten stand, auf Agar eine phototaktische Reizbarkeit des Objektes nicht zu erzielen war, daß Kulturen von hyperparasitären Pilzen angelegt und in ihrer Wirkung beobachtet wurden. Es ließ sich feststellen, daß die Morphologie der Wurzelverzweigung inklinierender Pflanzen ohne Einfluß auf den Befall ist. Umfangreiches Material über die Verseuchung der Provinz Sachsen wurde durch die Kontrolle zahlreicher Bodenproben erhalten. Der Einfluß der Fruchtfolge auf die Verseuchung konnte im Freiland und in den Kühn'schen Freilandkästen und Tonröhren beobachtet werden.

Die Weiterverfolgung der Studien an hyperparasitären Bakterien und Pilzen ist an Hand der von Kühn hinterlassenen Präparate und auf Grund eigener Erfahrungen geplant. Für die Isolierung von Mononchen sowie für die Betrachtung der von Nilsson-Ehle beschriebenen Immunitätserscheinungen sind die nötigen Vorarbeiten geleistet.

Für die Möglichkeit zur Durchführung der obigen Arbeit bin ich Herrn Professor Dr. Roemer, der mich nicht nur mit Anregungen, sondern auch mit Anschaffungen und Hilfskräften ausgiebig unterstützte, zu wärmstem Danke verpflichtet. Ebenso danke ich Herrn Professor Dr. Haecker, Herrn Geheimrat Professor Dr. Vorländer und Herrn Geheimrat Professor Dr. Abderhalden für ihre freundliche Unterstützung mit Rat und Tat, sowie Herrn Dr. Rensch für persönliche Anleitung und für die Erlaubnis zur Veröffentlichung seiner Resultate.

Am 4. I. 26 äußerte sich Herr Professor Dr. Flury, Würzburg, in freundlicher Weise anläßlich einer Unterredung zu der vorliegenden Arbeit. Professor Flury betonte die prinzipielle Gleichwertigkeit negativen und positiven Reizerfolges. Er erteilte u. a. die Anregung, eine umfassende Fraktionierung des N 428 vorzunehmen, weitere Phenole und Kresole, vor allem aber Nicotinverwandte im weiteren Sinne, höhere schwefelhaltige Riech- und Giftstoffe und Produkte der Farbenindustrie in Betracht zu ziehen. Es ist beabsichtigt, diesen Anregungen nachzugehen. Ich erlaube mir, an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Flury für seine Freundlichkeit herzlich zu danken.

Außerdem danke ich Herrn Professor Dr. Wülker und Herrn Professor Dr. Bechhold, Frankfurt a. M., für ihre Ratschläge, auf die ich an anderer Stelle zurückzukommen hoffe.

Anhang.

Zusammenstellung I.

Nr. 15. Rübsen in Luft

93	49	204	422
185	32	495	52
359	14	562	23
445	11	227	43
378	24		

Nr. 16. Rübsenwurzelsekrete

80	183
16	186
250	61
457	36
70	8

Nr. 17. Oberirdische Teile von Rübsenpflanzen in Luft

108	464	242	338
423	296	955	252
336	124	436	111
445	186		

Nr. 18. Maiskeimlinge in Luft

29	294	46	62
29	87	11	53
104	77	167	44
32	12	68	6

Nr. 19. Maiswurzelsekrete

313	149
550	49
550	32
59	4

Nr. 20. Luzernkeimlinge in Luft

133	4	67	52
69	11	76	23
351	24	1055	43
1163	10	564	13

Nr. 21. Luzernkeimlingsablaufwasser

36	11	
53	102	6
111	175	7
20	2	

Nr. 22. Rübsen- u. Roggenablaufwasser im Vergleich

80	183	11
16	186	30
250	61	172
457	36	75

Nr. 23. Cichorienwurzelextrakt 10 %

149	118	215
146	184	226
15	26	297
722	119	233
	957	92
	169	285

Nr. 24. Tabakextrakt 10 %

441	61
117	20
69	15
706	261

Nr. 25. Tabakextrakt 0.1 %

341	501	930
444	623	627

Nr. 26. Buschbohnenextrakt

178	170	
174	164	977
17	25	506
36	40	86
10	26	44

Nr. 27. Buschbohnenextrakt mit interferierendem positiven Reiz

481	85
90	76
16	283
567	128
438	15
204	25

Nr. 28. Rübenextrakt

159	506
188	86
1212	44

Nr. 29. Mahoniaauszug

455	186
55	409
19	417
270	136
113	127

Nr. 30. Santonin gesättigte Lösung

297	129
233	125
92	39
235	345
107	253

Nr. 31. 1 % Zwiebelknollenstücke

149	315	244
339	318	218
483	471	160

Nr. 32. Wasserstoffsuperoxyd

0.001 %			0.01 %				0.1 %		
104	71	64	19	21	84	71	22	20	65	21	17
23	20	22	46	24	68	20	38	13	104	64	71
			298	64							

Fortsetzung von Zusammenstellung I.

Nr. 33. Chilesalpeter 0.025 %

97	76	115	172
230	318	66	24
308	172	668	422
295	24	239	52

Nr. 34. Ammoniakgas

129	244
303	218
408	160

Nr. 35. Ammoniak

0.25 %	0.025 %	0.0025 %	0.00025 %	
338 tot	369	579	394	99
61 tot	340 tot	894	154	78
6 tot	23 tot	250	116	128
1 tot	9 tot			77

Nr. 36. Kalilauge

0.1 %	0.03 %	0.01 %	0.001 %	
116	128	696	942	805	830
33 tot	77	482	468	531	526
2 tot	34	204	288	221	329

Nr. 37. Cyankali u. positiv. Kontrollreiz

0.01 %		0.1 %		0.5 %	
114	81	81	191	368	86
126	178	1	76	71	44
465	174	1	100	1	111
		71	44	9	42
				24	62
				370	59

Nr. 38. Blausäure 1 %

30	45	21
3	0	9
3	2	57
3	2	
4	3	
359	61	
239	40	

Nr. 39. Hydroxylamin 0.05 %

498	530
78	170
23	177
8	21
2	6
6	69

Nr. 40. Schwefelkohlenstoff

3 mg auf 25 ccm Luft und 10 ccm Wasser

570	169
171	195
263	363

0.001 %		0.01 %		0.1 %		0.1 %		1 %	
283	417	263	363	321	132	1446	439	350	476
205	136	51	358	84	420	406	917	53	146
52	127	231	703	29	151	204	476	10	389
676	189	504	211	29	18	30	146	1	225
				53	26	19	389		
						13	225		

Nr. 41. Tetrachlorkohlenstoff 0.01 %

147	115
32	170
59	164
37	
71	
1	
9	
24	
370	
220	

Nr. 42. Salzsäure 0.01 %

378	169
67	195
353	
363	

Nr. 43. Isopropylalkohol 0.01 %

32	6	16
4	14	11
197	200	67
182	206	87

Nr. 44. Piperonal 0.025 %

37	39
67	16
22	11
8	67
87	48

Nr. 45. Furfurol 3 mg auf 25 ccm Luft und 10 ccm Wasser

32	119	110
6	11	110
0	7	31
0	5	25

Nr. 46. Benzaldehyd

0.01 %		0.001 %		
124	389	154	364	1149
20	57	89	113	61
2	3	85	49	69
			22	58

Nr. 47. Buttersäure u. Isobuttersäure 0.1 %

955	977	1216
147	506	164
5	86	16
39	44	57
59	111	88

Nr. 48. Propionsäure 0.01 %

349	119	360	204
246	322	183	516
38	267	23	118
46	192	66	

Nr. 49. Caprylsäure 0.025 %

96	492
4	492
4	349
27	249

Fortsetzung von Zusammenstellung I.

Nr. 50. Allylsenföl

0.1 %		0.01 %		0.001 %
225	825	83	27	53
217 tot	557	41 tot	68 tot	125 tot
4 tot	179	5 tot	7 tot	13 tot
0	103	8 tot	0	2 tot

Nr. 51. Methylsulfat

0.01 %		
44	55	126
5	33	23
6	204	8
11	516	7

Nr. 52. Aethylsulfat

0.01 %	
84	322
84	267
26	192
24	306
101	

Nr. 53. Essigsaur. Isobuthyl 3 mg auf 25 ccm Luft und 10 ccm Wasser

178	227
49	192
33	306
24	
39	
147	

Nr. 54. Valeriansaures Amyl 3 mg auf 25 ccm Luft und 10 ccm Wasser

306	33
53	24
23	39
3	147

Nr. 55. Essigsaures Amyl

0.1 %		0.01 %	
676	189	177	409
6	29	468	417
6	5	271	136
		175	127

Nr. 56. Aethylmerkaptan

0.1 %	
63	110
729	209

Nr. 57. Borneol

0.1 %		
118	23	38
653	66	46
803	71	39

Nr. 58. Anthrasolum

0.1 %		0.03 %		0.01 %		
134	127	1032	236	108	141	127
50 tot	189	420	31 tot	36	20	189
5 tot	172	151	0	35	58	172
2 tot	29 tot	18	1	45	19	
0	5 tot	279			10	

Nr. 59. Monochlorbenzol

0.1 %		0.01 %	
201	358	10	40
12	703	24	43
2	211	96	70
		37	69

Nr. 60. Brombenzol

0.01 %			
47	37	117	23
47	7	56	7
218	7	305	8
42	1	108	5

Nr. 61. Paradichlorbenzol

0.01 %	
110	366
33	197
29	76
41	100
1063	44

Nr. 62. Nitrobenzol

0.01 %		
291	242	48
70	486	123
51	56	32
389	114	110

Nr. 63. Benzol

0.01 %	
278	279
550	380
282	371

Nr. 64. Thiophen

0.2 %		0.01 %		
272	253	174	244	106
37	1210	326	894	640
9	297	870	396	373
9	110			
7				

Nr. 65. Pyridin 3 mg auf 25 ccm Luft u. 10 ccm Wasser

79	167
93	110
151	48
263	14
227	

Nr. 66. Mittel N 428

0.1 %				0.025 %		0.01 %		0.001 %		0.0001 %	
140	123	16	439	56	32	1088	136	1634	136	389	
43	32	36	917	114	110	2586	127	1520	127	344	729
42	110	141	476	215	209	2120	189	350	189	2850	196
7	209	1171	146	1602	186					1858	2056
2	186	775	389	1414	90					364	1149
1	90	825	225	448							

Fortsetzung von Zusammenstellung I.

Nr. 67.

Reizstoff „Dr. Rensch"

1 %	0.1 %	0.01 %	0.001 %
283	498	977	687	470
186	540	549	1366	866
369	99	579	338	394

Nr. 68.

Pyrrol

3 mg auf 25 ccm Luft und 10 ccm Wasser

0.1 %	0.01 %			
164	202	186		40	444	167
603	270	90	1514	79	78	110
441	61	1577	448	103	194	48
	20	1378		213	701	14

Nr. 69.

Benzonitril gasförmig

18	27
61	28

Nr. 70.

Phenylacetonitril gasförmig

61	1149
50	61
4	69
0	58
0	

Nr. 71.

Anilin

0.01 %

95	366
562	191

Nr. 72.

Dimethyl- und Diaethylanilin

3 mg auf 25 ccm Luft und 10 ccm Wasser

575	562	852	558	1051
303	177	209	121	223
16 tot	18 tot	54	226	96
3 tot	1 tot	252	236	108
0	0	57		36
1	0	46		35
	2 tot			

Nr. 73.

Dimethylanilin und Schwefelkohlenstoff

0.001 %	0.01 %		0.01 %	0.1 %
480	582 tot	195	171	234
164	152	363	263	294
78	3 tot	358	51	321
55	0	703	231	84
97	1 tot	211	504	

Nr. 74.

Tieröl nach Behandlung mit Tierkohle

0.01 %

148	175	420
1667	2879	151
129	419	18

Nr. 75.

Tieröl in Olivenöl gelöst Kontrolle mit Olivenöl behandelt

18	389	29
279	225	5
1128	217	20

Tafel der wichtigsten Schlüpfversuche.

Die senkrecht untereinander stehenden Ziffern geben die Anzahl der aus je 200 Cysten in 2tägigen Abständen geschlüpften Larven an. Die Cysten wurden bei 25° C in 10 ccm destilliertem Wasser in Wägegläschen gehalten. Ein Strich unter einer Zahl bedeutet, daß der entsprechende Reiz in dem betreffenden Intervall zur Anwendung kam. Ein punktierter Strich bezeichnet die Anwendung von N 428 als Kontrollreiz zur Feststellung der Lebensfähigkeit einer Reihe. Die Zahlenreihen ohne Striche stammen von unbehandelten Gefäßen und dienen als Kontrollen für die behandelten Gefäße.

Zusammenstellung II.

Topfversuche.

Nr. 76.

Cichorie. Text p. 67.

mit Cichorie	1.6 ± 1
unbehandelt	6.9 ± 3

Nr. 77.

Cichorie. Text p. 67.

	n. 8 Tag.	n. 6 Woch.	n. 12 Woch.	
mit Cichorie	4.1 ± 2	17.6	2.4	ohne Wiederholungen
unbehandelt	4.8 ± 0.5	14.2	5.2	„ „

Nr. 78.

Möhre. Text p. 68.

	n. 8 Tag.	n. 3 Woch.	n. 7 Woch.
mit Möhre	3.7 ± 1.9	6.1 ± 0.8	2.8 ± 0.3
unbehandelt	4.8 ± 0.6	13.5 ± 1	6.1 ± 1.2

Nr. 79.

Kapuziner-Kresse. Text p. 68.

	n. 8 Tag.	n. 3 Woch.	
mit Kapuziner-Kresse	1.1 ± 1.3	5.3	ohne Wiederhlg.
unbehandelt	4.8 ± 0.6	13.5 ± 1	

Nr. 80.

Steinklee. Text p. 68.

	n. 8 Tag.	n. 3 Woch.	n. 7 Woch.
mit Steinklee	0.8 ± 0.8	8.3 ± 0.3	3.3 ± 0.6
unbehandelt	1.7 ± 0	15.6 ± 1.4	5.8 ± 1.6

Nr. 81.

Monochlorbenzol. Text p. 81.

	unbehandelt	17.0
0.03 g	Monochlorbenzol	20.8
0.1 g	„	9.1
0.3 g	„	0 mäßige Aufgangsschädigung

Nr. 83.

Nitrobenzol. Text p. 81.

unbehandelt	20.5
0.03 g Nitrobenzol	5.1
0.09 g „	0.1
0.3 g „	kein Auflauf

Nr. 84.

Thiophen. Text p. 81.

unbehandelt	30.7
0.01 g Tiophen	41.1
0.1 g „	4.2

Nr. 85.

Dimethylanilin. Text p. 91.

unbehandelt	3.7 ± 0.5
0.35 g Dimethylan.	0.0 ± 0

Nr. 86.

Anthrasolum. Text p. 91.

unbehandelt	3.7 ± 0.5
0.35 g Anthrasolum	1.4 ± 0.2

Nr. 87.

N 428. Text p. 90.

	n. 8 Tag.	n. 4. Woch.	n. 12 Woch.
unbehandelt	27 ± 3	14.2 ± 1	6.4 ± 0.5
0.5 g Tieröl	51 ± 6	1.2 ± 0.5	0.0 ± 0

Die Zahlen der Versuche bezeichnen die durchschnittliche Anzahl von Larven, die in eine Rübsenflanze einwanderten, nachdem die Versuchstöpfe zur Feststellung der Verseuchung mit 20 Rübsensamen besät worden waren. Wo keine Schwankungszahl angegeben ist, laufen die Versuche ohne Wiederholung.

Literaturverzeichnis.

Baunacke, 1915, Blätter für Zuckerrübenbau Bd. 22.

1922, Untersuchungen über Biologie und Bekämpfung des Rübennematoden Heterodera Schachtii. Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt 1922.

Berliner u. Busch, 1914, Über die Züchtung des Rübennematoden Heterodera Schachtii auf Agar. Biologisches Zentralblatt Bd. 34, 1914, p. 349.

Blunck, 1925, Der Stand der Rübenfliegenfrage. „Zuckerrübenbau", N. F. der Zeitschrift für Zuckerrübenbau, Heft 10, 1925.

Buddenbrock, W. v., 1924, Grundriß der vergleichenden Sinnesphysiologie Borntträger, 1924.

Cobb, N. A., 1914, S. 457, Büro o. plant ind., Nematodes and their relationships Yearbook of the Dep. of Agr. Nr. 1682, H. D., Vol. 53, 63^{d} congr. 3^{d} Session 1917, p. 431, The mononchs. Soil science 1917. 3.

Duruz, W. P., 1917, p. 481, A study of the root nematode heterodera radicicola and its control. Soil science, 1917.

Doflein, Ingeborg, 1925, Zeitschrift für vergl. Physiologie, 3. Bd., Heft 1, p. 62. Chemotaxis und Rheotaxis bei den Planarien.

Freundlich, H., 1923, Capillarchemie. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft.

Fuchs, O., 1911, Beiträge zur Biologie des Rübennematoden Heterodera Schachtii, Zeitschr. f. d. Landw. Versuchswesen in Oesterreich, 14. Jahrg., 1911, S. 923.

Fuß, 1923, p. 22, „Die Nutzbarmachung des Rohgaswassers für die landw. Produktion". Dissertation, Halle 1923.

Gaillot, 1897, La sucrérie indigène et coloniale 1897, 69. Jahrg., S. 243.

Heubner, 1925, Münchner medizinische Wochenschrift Nr. 23 vom 5. 6. 25, S. 931, Entgegnung zu Bier.

Hilgermann u. Weißenberg, 1918, Nematodenzüchtung auf Agarplatten, Zentralblatt für Bakteriologie, erste Abtlg. 80, 1918, S. 467.

Höber, 1922, Physikalische Chemie der Zelle.

Hollrung, M., 1890, Österreichisch-Ungarische Zeitschrift für Zuckerindustrie und Landwirtschaft, 1890, Bd. 19, p. 34.
ebenda 1893, p. 484.

1896, Zeitschrift des Vereins f. d. Rübenzuck.-Ind. d. D. Reiches, N. F., Bd. 33, p. 934.

1897, N. F., Bd. 34, p. 397.

1898, N. F., Bd. 35, p. 343.

1898, Österr.-Ungar. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landwirtschaft, p. 756.

1901, Zeitschr. d. Vereins d. Dtsch. Zuckerind., N. F., Bd. 38, p. 95.

1901, Blätter für Zuckerrübenbau 1901, 8, p. 114.

1903, Die dtsch. Zuckerindustrie, 20, p. 1978.

1923, Die Mittel zur Bekämpfung der Pflanzenkrankheiten. Parey, Berlin, 2. Aufl., p. 128.

1921, Sächs. Landw. Presse Bd. 42.

Kanitz, 1907, Der Einfluß der Temperatur auf die pulsierenden Vakuolen. Biolog. Zentralblatt 1907, p. 11.
1915, Temperatur und Lebensvorgänge bei Bornträger.
Krüger (Bernburg), 1908, Zeitschr. d. Vereins d. Dtsch. Zuckerind. Bd. 58 TT., p. 750.
1909, ebenda Bd. 59 TT., p. 70.
1911, „ Bd. 61 TT., p. 802.
1912, „ Bd. 62 I. Teil, p. 332.
1922, „ Bd. 64, p. 47.
1922, Blätter f. Zuckerrübenbau 29.
Kühn, 1870, Zeitschr. d. landw. Zentralvereins Prov. Sachsen Nr. 12.
1874, Zeitschr. d. Vereins d. Zuckerind. d. Dtsch. Reichs, 11. Jahrg., 149.
1877, ebenda N. F., Bd. 14, p. 452.
1880, ebenda Bd. 17, p. 93, 154, 297, 384.
1883, ebenda Bd. 20, p. 96.
1887, ebenda Bd. 24, p. 130.
1889, Österr.-Ungar. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landw., Bd. 18, p. 411.
Loew, O., 1925, Über labile Eiweißkörper. Biolog. Zentralblatt, Heft 6, p. 380.
Marcinowsky, K., 1907, Zur Biologie und Morphologie von Aphelenchus elongatus. Arbeiten der Biolog. Reichsanstalt 1907, p. 215.
1908, Zur Kenntnis von Aphelenchus ormerodis Ritzema Bos, ebenda 1908, p. 407.
1910, Parasitische und semiparasitische an Pflanzen lebende Nematoden, ebenda 1910, p. 1.
Medeelingen voor Plantenziekten Buitenzorg 1915, Nr. 17, p. 38, Hoofdstock 4.
Müller u. Molz, 1914, Versuche zur Bekämpfung des Rübennematoden Heterodera Schachtii. Zeitschr. d. Vereins d. dtsch. Zuckerind., Bd. 44, 1914, p. 959.
1916, Dtsch. landw. Presse 43, p. 520.
1920, Versuche zur Ermittlung des Einflusses äußerer Faktoren auf das Geschlechtsverhältnis der Rübennematoden. Landw. Jahrbücher Bd. 54, Heft 5, p. 769.
1923, Über den Einfluß der Vorfrucht .... Dtsch. landw. Presse, 50. Jahrg., p. 287.
Nilsson-Ehle, 1920, Über die Resistenz gegen Heterodera Schachtii bei gewissen Gerstensorten. Hereditas Bd. 1, p. 1—34.
Oppenheimer, C., 1922, Grundriß der Physiologie, 1. Teil. G. Thieme, Leipzig.
Poulsson, E., 1922, Lehrbuch der Pharmakologie, bei S. Hirzel, Leipzig.
Rensch, B., 1924, Eine neue Bekämpfungsmethode .... Mitteilg. d. Dtsch. Landw. Ges. 1924, p. 412.
1925, Zur Frage der Nematodenbekämpfung. Zuckerrübenbau 1925, Heft 1, p. 1.
Schander, 1912, Zeitschr. d. Vereins d. dtsch. Zuckerind., Bd. 62, p. 493.
1913, Bd. 63, p. 521.
Schwartz, 1911, Mitteilg. aus d. kaiserl. biolog. Reichsanstalt für Land- u. Forstwirtschaft 1911, Nr. 11, p. 35.
Shaw, H. B., 1916, Control of soil living nematodes U. S. Dep. of Agr. Farmers Bulletin Nr. 272.
Steiner, G. u. Heinly, H., 1922, p. 367—385, The possibility of control of Heterodera radicicola and other plant injurious Nemas by means of predatory nematodes esp. mononchus papillatus Bastian. Journ. of the Wash. a. c. of science, Vol. 12, Nr. 16.
Stift, A., 1912, Zur Geschichte des Rübennematoden. Zeitschr. f. Zuckerind. u. Landw., Bd. 41, 1912, p. 417 (Österr.-Ungar. Zeitschr.).
Störmer, 1910, Zeitschr. d. Vereins d. dtsch. Zuckerind., Bd. 60, p. 297, II. Teil.
1911, ebenda Bd. 61, p. 685.
Strohl, 1925, Die Giftproduktion bei den Tieren vom zoologisch-physiologischen Standpunkt. Biolog. Zentralblatt Bd. 45, Heft 9 u. 10, p. 514.

Strubell, 1888, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung des Rübennematoden Heterodera Schachtii. Biblioteka Zoologica Heft 2, p. 7. Cassel, Theodor Fischer.

Thorne, 1922, The sugar beet nematode in the Western States. Farmers Bulletin Nr. 1258.

1923, Length of the dormancy period of the Sugar beet nematode in Utah U. S. Dept. of Agr. Dep. Circ. Nr. 262.

Titschak, 1925, Einfluß der Temperatur auf die Kleidermotte. Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Heft 2.

Wilfarth, Römer u. Wimmer, 1903, Zeitschr. d. Vereins d. dtsch. Zuckerind. Bd. 53, p. 1.

1906, Bd. 56, p. 1 u. 181, 2. Teil. Ebenda.

1907, Bd. 57, p. 1, 2. Teil. Ebenda.

1912, Bd. 62, p. 1037. Ebenda.

Willott, 1890, Journal des fabricants de sucre. Paris, Nr. 51.

Wülker, G., 1924, „Nematodes" in „Biologie der Tiere Deutschlands" von Paul Schulze, Lief. 11, Teil 8. Bornträger 1924.

Zimmermann, H., 1920, Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten, Bd. 30, 1920, p. 139, Nematodenbefall an Kartoffeln.

Während des Druckes wurden eingefügt:

Zu p. 40 [16a]) Steiner, G., The problem of host selection and host specialisation of certain plant infesting nemas and its application in the study of nemic pests. Phytopathology, Sept. 1925, Vol. 15 No. 9.

Zu p. 42 [24a]) Dasselbe.

Zu p. 54 [39a]) Janisch, P., Über die Temperaturabhängigkeit biologischer Vorgänge und ihre kurvenmäßige Analyse. Archiv für d. ges. Phys. 209, 1925, p. 414.

Zu p. 62 [42a]) Nebel, B., Zur Frage der Nematodenbekämpfung. Zuckerrübenbau VIII, H. 5, 1926, p. 93.

Lebenslauf.

Ich, Bernhard Nebel, wurde am 10. VIII. 1901 als Sohn des Großkaufmanns Rudolf Nebel zu Durban (Südafrika) geboren. In Freiburg im Breisgau, wohin meine Eltern im Jahre 1904 übersiedelten, besuchte ich die Schule und legte im Jahre 1919 am dortigen Bertholdsgymnasium die Reifeprüfung ab. Nach 2jähriger landwirtschaftlicher Praxis in Mecklenburg und am Bodensee, in den Wirtschaften der Herren W. v. Müller, Westenbrügge, und H. Biegert, Singen a. H., bestand ich die Lehrlingsprüfung vor der D. L. G. Danach war ich ein halbes Jahr in der v. Schmiederschen Wirtschaft Steinach bei Straubing angestellt, um mich sodann dem Studium zu widmen. Nach je einem Semester in Freiburg im Breisgau, Hohenheim und München siedelte ich nach Halle über, wo ich im Sommer 1923 die Vorprüfung, im Herbst 1924 die Hauptprüfung zum Diplomexamen und im Sommer 1925 die Zusatzprüfung für Saatzüchter ablegte. Am 16. Dezember 1925 bestand ich vor der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg das Examen rigorosum. Seit dem 1. I. 25 bin ich als außerplanmäßiger Assistent am Institut für Pflanzenbau Halle mit der Leitung der Arbeiten zur Bekämpfung des Rübennematoden betraut.

Bernhard Nebel.